UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA
ESCOLA DAS ARTES

DOUTORAMENTO EM CONSERVAÇÃO DE PINTURA

METODOLOGIAS DE DOCUMENTAÇÃO E ANÁLISE ESPACIAL EM CONSERVAÇÃO DE PINTURA

FREDERICO JOSÉ RODRIGUES HENRIQUES

PORTO
2012

UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA
ESCOLA DAS ARTES

DOUTORAMENTO EM CONSERVAÇÃO DE PINTURA

METODOLOGIAS DE DOCUMENTAÇÃO E ANÁLISE ESPACIAL EM CONSERVAÇÃO DE PINTURA

Por
Frederico José Rodrigues Henriques

Dissertação para obtenção de grau de Doutor em Conservação de Pintura

Orientação: Doutora Ana Maria Calvo Manuel
(CITAR, Escola das Artes, Universidade Católica Portuguesa)

Co-orientação: Doutor Alexandre Bacelar Gonçalves
(ICIST, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos,
Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa)

PORTO
2012

“Stop and smell the roses”,

DEMERS, Michael - Fundamentals of Geographic Information Systems. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1997, p. 33.

AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer aos meus orientadores, à Doutora Ana Maria Calvo Manuel, do CITAR, Universidade Católica Portuguesa (UCP), e ao Doutor Alexandre Bacelar Gonçalves, do Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, do Instituto Superior Técnico (IST), todos os apoios que me proporcionaram para efectivar a dissertação. De ambos, sublinho a forma de como me prestaram atenção em todas as fases do estudo.

Com enorme apreço faço aqui referência a duas pessoas muito importantes que demonstraram acreditar neste estudo numa fase inicial e crucial do processo, manifestado na forma de acolhimento, disposição de meios e na partilha dos seus conhecimentos. Refiro-me, em particular, ao Doutor João Luís de Matos e à Doutora Ana Paula Falcão, do Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, do IST.

Estou muito grato aos colegas do departamento do IST que apoiaram a iniciativa de múltiplas formas e que, em certa medida, foram elementos pró-activos de suporte ao projecto: a Doutora Helena Rua, o Engenheiro Gonçalo Franco e a Dra. Sónia Martins. Quero também dirigir uma palavra de agradecimento à Dra. Patrícia Fontes da UCP, que através do seu empenho e disponibilidade administrativa, revelou enorme profissionalismo no acompanhamento do processo académico. No contexto da tese, não menos importante foi a cedência de algumas obras de arte pela Zarco Antiquários, Lda. para análise espacial. Do ponto de vista da adequação ao cânone gráfico da UCP, agradeço a revisão do Professor Doutor Gonçalo de Vasconcelos e Sousa.

No âmbito da conservação, não queria deixar de anotar a troca de saberes (em outros tempos) por parte dos conservadores-restauradores: António Salgado, Conceição Viana, Rita Vaz Freire, Rita Pourtales e Ana Brito. Ainda neste plano, de actores de Património que participaram indirectamente no processo da dissertação, gostaria de referir certas conversas sábias que tive com algumas pessoas e que, também em determinada altura da

minha vida, me ajudaram a interpretar fenómenos de responsabilidade na salvaguarda dos Bens Culturais: o Doutor Fernando Larcher, o Doutor Jorge Custódio e o Sr. Rui Ferreira do Convento de Cristo.

Expresso sincero agradecimento aos meus Pais, à minha Família e à Ana Bailão. E, já agora, referir que quando as forças me faltaram, a possibilidade de usufruir do sorriso da Saroca foi essencial para nunca me desfocar dos objectivos.

Manifesto ainda o meu reconhecimento à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) – num programa financiado pelo POPH - QREN - Tipologia 4.1 - Formação Avançada, comparticipado pelo Fundo Social Europeu e por fundos nacionais do MCTES –, pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de investigação SFRH / BD/ 42488 / 2007.

RESUMO

No âmbito das Tecnologias de Informação Geográfica é feito frequentemente o estudo da superfície terrestre por meio de vários processos de aquisição, processamento e análise de informação espacial referente aos mais variados fenómenos. No entanto, a abstracção dos modelos e métodos utilizados com esse fim permite que estes possam ser ensaiados também na análise espacial de quaisquer outras superfícies, como por exemplo, em imagens digitais de pinturas. Esta extensão do domínio tradicional das TIG permite quantificar múltiplas características espaciais das superfícies analisadas com interesse na documentação para Estudos de Património. Nesta tese apresentam-se algumas perspectivas da aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na análise espacial de pinturas, com o objectivo de documentar fenómenos da superfície, bem como resultados do respectivo processo de classificação da imagem e de análise com métricas de paisagem. Apesar de as escalas dos objectos de estudo serem evidentemente diferentes dos dois domínios de conhecimento, a representação e a análise das pinturas podem ser feitas com métodos utilizados geralmente na caracterização da superfície terrestre, tornando-se úteis no processo documental de Conservação, na visualização e quantificação do espaço pictórico.

Palavras-chave: Documentação; Métodos de Exame e Análise; Fotogrametria; Sistemas de Informação Geográfica; Métricas de Paisagem; fotointerpretação.

ABSTRACT

In the framework of Geospatial Technologies (GT) the study of the terrestrial surface through various processes of acquisition, processing and analysis of spatial information, related to the most varied phenomena, is often done. However, the abstraction of models and methods used for this purpose allows their application in the spatial analysis of any other surfaces, such as the digital images of paintings. This extension of the traditional field of GT allows quantifying multiple spatial characteristics of the surfaces interesting in the documentation for Heritage Studies. Despite the clearly different scales between the objects of the study of the two domains of knowledge, the representation and analysis of paintings can be performed with methodologies generally used to characterise the terrestrial surface, being useful in the documentation process for Conservation, especially in the visualisation and in the pictorial spatial quantification. The thesis presents some perspectives on the application of Geographic Information Systems (GIS) in the spatial analysis of paintings, aiming to document surface phenomena, as well as the results of processes of classification and image analysis with landscape metrics.

***Keywords**: Documentation; Technical Analysis; Photogrammetry; Geographic Information System; Landscape Metrics; Photo Interpretation.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

ASPRS	*American Society of Photogrammetry and Remote Sensing*
BIT	*binary digit*
CAD	*computer aided design*
CCD	*charge coupled device*
CIPA	*Comité International de Photogrammétrire Architecturale*
CMOS	*complementary metal oxide semi-condutor*
DLT	*direct linear transformation*
DTM	*Digital Model Terrain*
EDXRF	*Energy dispersive X-ray fluorescence*
ESCR	Escola Superior de Conservação e Restauro
ESRI	Empresa que comercializa o produto informático *ArcGIS®*
ICOM–CC	*International Council of Museums – Committee for Conservation*
IMC	Instituto dos Museus e da Conservação
IPCR	Instituto Português de Conservação e Restauro
IPT	Instituto Politécnico de Tomar
JPEG	*Joint Photographic Expert Group*
LASER	*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*
MDT	Modelo Digital de Terreno
MDS	Modelo Digital de Superfície
MOS	*metal oxide semiconductor*
NR	níveis radiométricos
RGB	*red, green, blue*
RMS	*root mean square*
PIXEL	picture elements
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
TIG	Técnicas de Informação Geográfica
UCP	Universidade Católica Portuguesa
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
VRML	*virtual reality modelling language*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A "Conservação e Restauro", como assim se designa actualmente em Portugal, é uma área de conhecimento sustentada em várias disciplinas técnico-científicas[1]. Se bem que no caso português a denominação da área possa vir a ser alterada e ajustada à mais recente resolução do *International Council of Museums* (ICOM-CC), apresentada em Nova Deli, em 2008, onde "Conservação" é o conceito que representa todas as práticas associadas à Preservação do Património – e que por sua vez engloba a "Conservação preventiva", a "Conservação curativa" e o "Restauro" –, o modelo geral assenta sempre num conjunto de actuações que envolvem multidisciplinaridade[2].

---

[1] Entre vários factores responsáveis por esse modelo temos hoje em dia um conjunto de disciplinas que são parte integrante dos *curricula* dos cursos superiores. Salienta-se o suporte dado por diversas matérias das áreas sociais e humanas (Ética e Deontologia, Teoria do Restauro, Arqueologia, História, História das Técnicas Pictóricas, Iconografia e Iconologia, Estética, Etnologia, Filosofia, Paleografia, Legislação em Património, Coleccionismo, Peritagem da arte), de algumas ciências exactas (Física, Química, Mineralogia, Biologia, Teoria da cor, Métodos de Exame e Análise, Métodos Estatísticos), focalizadas sobretudo em estudos de materiais, bem como algumas técnicas de documentação (registo gráfico, técnicas fotográficas, radiográficas, reflectográficas, métodos de representação/geometria descritiva) e ainda de outras disciplinas com determinadas especificidades (Museologia e Conservação Preventiva, Gestão de Colecções, Marketing Cultural, Técnicas de Produção e reprodução Artística, Técnicas de Laboratório e Segurança, Tratamento de Imagem, entre outras).

[2] Em versão original, as definições propostas na resolução são as seguintes: ***Conservation*** *- all measures and actions aimed at safeguarding tangible cultural heritage while ensuring its accessibility to present and future generations. Conservation embraces preventive conservation, remedial conservation and restoration. All measures and actions should respect the significance and the physical properties of the cultural heritage item;* ***Preventive conservation*** *- all measures and actions aimed at avoiding and minimizing future deterioration or loss. They are carried out within the context or on the surroundings of an item, but more often a group of items, whatever their age and condition. These measures and actions are indirect – they do not interfere with the materials and structures of the items. They do not modify their appearance;* ***Remedial conservation*** *- all actions directly applied to an item or a group of items aimed at arresting current damaging processes or reinforcing their structure. These actions are only carried out when the items are in such a fragile condition or deteriorating at such a rate, that they could be lost in a relatively short time. These actions sometimes modify the appearance of the items;* ***Restoration*** *– all actions directly applied to a single and stable item aimed at facilitating its appreciation, understanding and use. These actions are only carried out when the item has lost part of its significance or function through past alteration or deterioration. They are based on respect for the original material. Most often such actions modify the appearance of the item*. Vd. ICOM-CC – Terminology to characterize the conservation of tangible cultural heritage. *In http://www.icom-cc.org/242/about-icom-cc/what-is-conservation/* (Consulta a 8 de Dezembro de 2011; 23h). Em modo de comentário do autor, informa-se que por nossa conveniência, na dissertação, em vez de se estar recorrentemente a indicar se os processos

Começa-se por constatar também que a terminologia anunciada no evento indiano, em que "Conservação" é um todo, já anteriormente era assim vista em Portugal, em 1991, no campo de conhecimento do Património Histórico edificado[3]. Num dos textos considerados mais importantes de Património, a bem conhecida "Carta de Veneza", elaborada no II Congresso Internacional de Arquitectos e Técnicos de Monumentos Históricos, em 1964, definem-se linhas de acção muito importantes. Por exemplo, no artigo 2.º, a "conservação e restauro" dos monumentos é uma disciplina que apela à colaboração de todas as ciências e de qualquer técnica que possa contribuir para o estudo e salvaguarda do património monumental. No que concerne à Documentação, noção bem patente, especificamente no artigo 16.º, indica-se que os trabalhos de "conservação e restauro" devem ser sempre acompanhados pela compilação de uma documentação precisa de desenhos e de fotografias. E que todas as fases de trabalho – de selecção, de consolidação e de integração –, assim como os elementos formais e técnicos devem ser anotados. Essa documentação será ser depositada também nos arquivos de um órgão público e colocados à disposição dos investigadores, recomendando-se a sua publicação»[4].

A Carta de Veneza de 1964 foi, em parte, um documento reexaminado dos princípios fundamentais da Carta de Atenas, de 1931. Esta última, uma primeira iniciativa que tinha contribuído para a propagação de um amplo movimento internacional, de apelo à conservação do património, que se traduzia principalmente em documentos nacionais, na actividade do ICOM e da UNESCO, e na criação do Centro Internacional de Estudos para a Conservação e Restauro dos Bens Culturais.

---

dizem respeito a conservação curativa ou restauro, assume-se o termo "Conservação" mais generalista para contextualizar todos trabalhos.

[3] Vd. HENRIQUES, Fernando M. A. – *A Conservação do Património Edificado*. Lisboa: LNEC, 1991. Além da terminologia e definição de "Conservação", indica-se também as seguintes: Manutenção; Reparação; Restauro; Reabilitação; Reconstrução; Reversibilidade; Anastylosis; Lacuna; Reintegração e *Patine*.

[4] Vd. Decisões e Resoluções, do Documento 1, International chapter for the conservation and restoration of monuments and sites: ICOMOS – *The monument for the man. Records of the II International Congress of Restoration (ICOMOS, Venezia, 25-31 maggio 1964). In http://www.international.icomos.org/ publications/hommedecin.pdf* (Consulta a 14 de Junho de 2010; 22h).

Acerca do contexto de estudo, por meio do uso de técnicas de Documentação e de Análise, a presente dissertação enquadra-se na aplicação de Tecnologias de Informação Geográfica (TIG) na Conservação de Pintura:

a) A "documentação" está directamente relacionada com a possibilidade de o SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)[5] ter a possibilidade de funcionar como um arquivo;
b) A tipologia de "análise" manifestada na tese focou-se em dois campos: na aquisição da imagem pela FOTOGRAMETRIA[6] de curto alcance (produção de ortofotografias) e numa perspectiva de processamento DIGITAL[7] da informação, a ANÁLISE ESPACIAL[8] foi desenvolvida com ALGORITMOS[9] e funcionalidades disponíveis dos próprios SIG.

A ideia subjacente ao estudo – que abrange o acto de documentar e analisar – parte do princípio que as imagens fotográficas digitais, frequentemente utilizadas em conservação, podem, em determinadas condições, ser arquivadas e analisadas com programas informáticos específicos. Tais aplicações, na opinião do autor da presente dissertação irão conduzir a novas interpretações do objecto, que serão úteis para a

[5] "Um conjunto integrado de dois elementos, programa informático e dados, usado para visualizar e gerir informação de locais geográficos, analisar relações espaciais e modelar processos espaciais. Os SIG têm estruturas (*framework*) de armazenamento e organização de dados espaciais com informação relacionada, que pode ser mostrada e analisada". Extraído de GIS DICTIONARY – GIS. *In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/gis* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 14h).

[6] "Segundo a *American Society of Photogrammetry*, a fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia que permite obter informações dos objectos físicos e do meio envolvente através de processos de gravação, medição, interpretação de imagens e padrões de registos da energia de radiação electromagnética e outros fenómenos". Extraído de WOLF, P. R. – *Elements of Photogrammetry*. 2.ª ed. Singapura: McGraw-Hill International Editions, 1983, p. 1.

[7] "Numérico, especificado por meio de dígitos (números). Também pode estar associado a sinais descontínuos". Extraído de TEUBER, Jan – *Digital Image Processing*. Cambridge: University Press, 1993, p. 257.

[8] "Conjunto de operações associadas ao estudo da distribuição de fenómenos, bem como as suas dimensões espaciais e atributos. No âmbito dos SIG, inclui operações de sobreposição, de análise de proximidade e de análise de redes, entre outras". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2 ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 19.

[9] "Conjunto finito e ordenado de regras ou instruções, em geral expresso matematicamente ou através de uma linguagem simbólica (linguagem algorítmica), destinado a resolver um problema específico. São algoritmos os processos utilizados para efectuar as operações algébricas elementares, bem como muitos programas ou sub-rotinas de computador. O que distingue um algoritmo de uma heurística é o facto de o primeiro assegurar que a solução do problema é, quando exista, atingida num número finito de passos". Extraído de IDEM, *Ibidem*, p. 11.

compreensão do valor artístico no seu todo. Salienta-se ainda o facto das diversas técnicas aplicadas evidenciarem complementaridades entre os métodos de registo, de exame e de análise.

Os resultados obtidos através das tecnologias de informação geográfica aplicadas à pintura podem servir na produção de mapeamentos temáticos para:

a) Fornecer indicações métricas no planeamento do projecto de conservação;
b) Dar a conhecer a localização espacial dos materiais constituintes da pintura e das particularidades técnicas da obra;
c) Apoiar o estudo do estado de conservação das peças e fazer a indicação precisa das regiões afectas a cada tipo de alteração de superfície;
d) Contribuir no suporte ao diagnóstico, analisar as várias fases das intervenções com imagens, onde haja necessidade de identificar áreas da pintura e seus fenómenos pictóricos;
e) Produzir relatórios técnicos em FICHEIROS [10] de arquivo com informação alfanumérica (texto e números);

O tema central do presente trabalho insere-se num contexto que, além do que foi dito, tem como linha de horizonte a estruturação e o uso de "Novas Tecnologias". Em particular, tecnologias que assentem numa perspectiva operacional válida, em que vários meios possam contribuir na solução dos problemas. Assim, pretende-se na dissertação estabelecer uma ponte de saberes entre algumas das Tecnologias de Informação Geográfica (TIG) e a Conservação de Bens Culturais pictóricos. No entanto, parte-se do princípio que a interpretação da imagem faz-se sempre com uma análise da obra no seu todo, tendo em linha de conta a dimensão material e, em certa medida, a dimensão iconográfica.

[10] "Conjunto de dados armazenados em suporte informático, identificável e acessível através de um determinado nome". Vd. IDEM, *Ibidem*, p. 147.

1.2 Metodologia e Objectivos

Porque a Conservação dos Bens Culturais é uma área de conhecimento multifactorial, com um *modus operandi* semelhante ao da Medicina, urge a necessidade intrínseca de solidificá-la com novas investigações aplicadas de carácter holístico. Como tal, propõe-se nesta dissertação, apesar das suas vantagens e desvantagens, um novo modelo analítico e sistemático das pinturas.

No panorama supra referido, importa salientar que o recente aumento da actividade da Conservação do Património constitui um factor potenciador das mais diversas investigações em Bens Culturais. A valorização do Património pela via do estudo, nas últimas décadas, tem tido sobretudo um acentuado desenvolvimento com o contributo da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), com o trabalho incessante do *Internacional Council of Museums – Committee for Conservation* (ICOM-CC), e com o *International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works* (IIC). Tais experiências têm sido concludentes em apontar que o melhor momento para o estudo técnico das obras de arte é durante as intervenções. Motivo pela qual, uma acção de conservação deverá ter disponível uma contextualização científica apurada e concentrada nas tecnologias mais recentes.

Do ponto de vista da presente investigação, desenvolvida na vertente de "Ciência e Tecnologia", a fotogrametria de curto alcance, uma das Técnicas de Informação Geográfica, confinada neste estudo à produção de ortofotografias[11], apresenta-se como o início dos projectos de análise. Depois de obtidas e produzidas novas imagens são inseridas e processadas em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O uso dessa ferramenta, como será exposto e aprofundado no texto da dissertação, prende-se com a sua versatilidade em associar num único programa computadorizado a informação analítica e a alfanumérica. De modo que, uma primeira fase da proposta da

[11] A ortofotografia é uma fotografia que mostra os objectos com uma imagem numa verdadeira posição ortográfica, com uma planimetria correcta. Na prática é uma imagem que se apresenta como se fosse um mapa, mas que não tem simbologias com linhas ou pontos associados aos locais dos eventos. Na ortofotografia é possível medir directamente distâncias, ângulos, posições e áreas. Vd. WOLF, Paul R. – *Elements of Photogrammetry*. 2.ª ed. Singapura: McGraw-Hill International Editions, 1983, p. 324.

dissertação passa pela interpretação da IMAGEM[12]. Por conseguinte, com as Tecnologias de Informação Geográfica (Fotogrametria e SIG), numa segunda fase, serão gerados novos conhecimentos específicos sobre a obra e, por sua vez, levantar-se-ão novas questões em torno da análise espacial (Figura 1).

Pelo tipo de investigação que é efectuada na dissertação prevê-se que o seu impacto se manifeste na Conservação como um apoio fundamental na análise espacial, em parte semelhante ao relevo dado pelas análises laboratoriais clássicas (química e física). Tais conjecturas justificam-se porque o processo científico operado nos Métodos de Exame e Análise (MEA), correntemente usado em Conservação de Pintura e orientado para o estudo dos materiais da obra, é análogo ao modelo aplicado pelas Tecnologias de Informação Geográfica. A dissertação fundamenta-se na ideia que, em ambos os casos, nas TIG e nos MEA, após uma documentação ou registo de DADOS[13], segue-se uma fase de interpretação mais apurada que, posteriormente, permite gerar novas informações passíveis de contribuir no processo analítico (Figura 2). Nesse sentido, optou-se intencionalmente por desenvolver esta tese com cariz diferente do modelo correntemente explorado, aqui designado de "Paul Coreman", que frequentemente se estrutura em torno das narrativas históricas, tecnologias de produção, agregação e interpretação dos resultados laboratoriais provenientes do estudo material dos objectos[14].

Acrescente-se também que, em modo de sugestão, a serem colocadas as TIG nos estudos correntes de Conservação de Pintura, a aplicação dos métodos propostos – que têm por base a análise espacial – inserir-se-iam nos conteúdos programáticos específicos dos Métodos de Exame e Análise Laboratorial (MEAL).

---

[12] "Representação gráfica de um fenómeno ou objecto, geralmente produzida por um dispositivo óptico ou electrónico, incluindo as fotografias e alguns dados de detecção remota. As imagens podem ser armazenadas em suporte analógico (papel ou equivalente) ou digital, sendo, neste ultimo caso, utilizada uma estrutura de dados matricial". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, pp. 176-177.

[13] "Qualquer colecção de factos, organizados segundo um tipo de ficheiro; frequentemente, a informação básica e elementar produzida, armazenada ou processada por um computador". Extraído de GIS DICTIONARY – Data *In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/data* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 2h).

[14] Vd. COREMANS, P.; [*et al.*] – La technique des "Primitifs flamands". *Studies in Conservation*, Vol. 1, n.º 1, (Oct., 1952), pp. 1-29.

Alguns desses métodos de exame e análise, documentados já desde a década de 1950[15], foram as radiografias, as espectroscopias, as análises químicas e, entre outros, os estudos de datação[16]. Estas têm sido as principais áreas em constante desenvolvimento científico e tecnológico que sugerem demonstrar um inegável contributo aos Estudos de Património e, em particular, à Conservação. Alguns métodos muito específicos de não contacto e não intrusivos começam a ser tendencialmente mais correntes. Tome-se como exemplo: a interferometria holográfica [17], a reflectografia e a termografia integrada[18], a autorradiografia[19], as técnicas de ultra-sons[20], a tomografia[21], o varrimento *laser* 3D[22] e a imagiologia (*imaging)*[23].

Apesar de, mais à frente, na presente dissertação se expor com maior detalhe o que é e para que contribui um SIG, convém contextualizar nesta introdução que se trata da combinação de sistemas de *hardware*, *software*, informação espacial e de procedimentos computacionais que permitem a análise, a gestão e a representação no

[15] Vd. Por exemplo, ver as revistas Burlington Mgazine e Studies in Conservation.
[16] Vd. ROY, Ashok; DUNKERTON, Jill – Chemistry and Conservation: Changes in Perception and Practice at the National Gallery, London. *In Early Italian Paintings: Approaches to Conservation – Proceedings of a Symposium at the Yale University Art Gallery, April 2002*. New Haven, Londres: Patricia Sherwin Garland, 2003, pp. 120-131.
[17] Vd. AMBROSINI, Dario; PAOLETTI, Domenica – Holographic and speckle methods for the analysis of panel paintings. Developments since the early 1970s. *Reviews in Conservation,* n.º 5, (2004), pp. 38-48.
[18] Vd. AMBROSINI, Dario; [*et al*.] – Integrated reflectography and thermography for wooden paintings diagnostics. *Journal of Cultural Heritage*. [S. l.]: Elsevier B. V. vol. 11, n.º 2, (2010), pp. 196-204.
[19] Vd. KALICKI, A.; [*et al*.] – Neutron autoradiography: working-out method and application in investigations of test paintings. *Radiation Measurements*, n.º 34, (2001), pp. 567-569.
[20] Vd. SIDDIOLO, Antonino M.; MAEV, Roman G. – Ultrasonic imaging techniques for painting diagnostic. *IEEE Ultrasonics Symposium,* (2005), pp. 890-893; SIDDIOLO, Antonino M.; [*et al*.] – Wooden Panel Paintings Investigation: An Air-Coupled Ultrasonic Imaging Approach. *IEEE Transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control*, Vol. 54, n.º 4, April (2007), pp. 836-846.
[21] Vd. TARGOWSKI, P.; [*et al*.] – The application of optical coherence tomography to non-destructive examination of museum objects. *Studies Conservation*, n.º 49, (2004), pp. 107-114; LIANG, H.; [*et al*.] – Application of OCT to examination of easel paintings. *Proc. SPIE*. Vol. 5502 (2004), pp. 378-381; LIANG, H.; [*et al*.] – Optical coherence tomography: A non-invasive technique applied to painting conservation of paintings. *Proc. SPIE*. Vol. 5857, (2005), pp. 261-269; ARECCHI, T.; [*et al*.] – A new tool for painting diagnostics: Optical coherence tomography. *Optics and Spectroscopy*, 101, n.º 1, (2006), pp. 27-30.
[22] Vd. PEZZATI, Lica; FONTANA, Raffaella – 3D Scanning of Artworks. In SCHREINER, M.; STRLIČ, M.; SALIMBENI, R., ed – *Handbook on the use of lasers in Conservation and Conservation Science*. Bruxelas: COST Office, 2008.
[23] A imagiologia, como vulgarmente é designada nas áreas do diagnóstico médico, pode ser usada num largo espectro de aplicações. Veja-se, a título de exemplo, a apreciação e exploração das propriedades ópticas dos vernizes na pintura. Vd. BERNS, R. S.; RIE, René de La – Exploring the optical properties of picture varnishes using imaging techniques. *Studies in Conservation*, Volume 48, n.º 2, (2003), pp.73-82.

espaço de FENÓMENOS[24]. Para a exposição desses fenómenos existem vários MODELOS[25] de dados em SIG: as bases de informação do tipo ALFANUMÉRICO[26] e, sobretudo, o modelo de representação MATRICIAL[27] (*raster*) e o VECTORIAL[28]. Em geral, as bases de dados associadas aos SIG permitem armazenar e gerir a informação de textos e números.

O modelo matricial centra-se na representação de células regulares (*pixéis*), frequentemente quadradas, organizadas em linhas e colunas. Este é precisamente o sistema aplicado no registo e armazenamento de fotografias digitais utilizado em conservação. Quando se trata de uma imagem digital comum, em bibliografia de processamento digital e tratamento de imagens, ao menor elemento da imagem designa-se *PIXEL*[29], enquanto em sistemas de informação geográfica é mais frequente usar-se o termo *célula*.

O modelo vectorial de representação dos elementos espaciais utiliza três formas: o PONTO[30], a linha e o POLÍGONO[31], podendo cada elemento ter associado vários tipos de

---

[24] "No âmbito da cartografia e sistemas de informação geográfica, tudo o que é objecto da experiencia e passível de representação cartográfica". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 147.

[25] "1. Uma abstracção da realidade usada para representar objectos, processos ou eventos. 2. Um conjunto de regras e procedimentos que representam um fenómeno ou que podem fazer prever um outro que poderá ocorrer". Vd. GIS DICTIONARY – Model. *In http://support.esri.com/en/knowledgebase/ GISDictionary/ term/model* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 14h).

[26] "Termo que qualifica os caracteres alfabéticos, numéricos e de pontuação utilizados nos computadores". Extraído de IDEM, *Ibidem,* p. 10.

[27] "Forma de armazenamento, processamento e apresentação de imagens e outros dados espaciais, através de matrizes de células rectangulares, cada uma das quais contendo o valor de determinado atributo. No caso de uma imagem, o atributo é a cor ou tonalidade de cinzento. A posição de cada célula no espaço é dada, implicitamente, pela posição relativa na matriz, conhecidas as coordenadas de um dos seus pontos". Extraído de IDEM, *Ibidem*, p. 141.

[28] "Forma de armazenamento, processamento e apresentação de objectos geográficos num sistema de informação geográfica, através de pontos, linhas e polígonos associados a posições geográficas". Extraído de IDEM, *Ibidem,* p. 142.

[29] "1. Do inglês, *picture element*, célula quadrada que contém a mais pequena parcela de uma imagem matricial. Conforme o número de *bits* atribuído a cada *pixel*, assim pode assumir maior ou menor número de cores ou de tons de cinzento. O número e dimensão dos *pixels* determinam a resolução, e influenciam a qualidade da imagem. 2. Em processamento digital de imagem, a unidade gráfica básica de dados de detecção remota, à qual está atribuído um valor que é função da intensidade da radiação registada". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 244.

[30] "Um elemento geométrico, sem comprimento ou área, definido por um par de coordenadas *x* e *y"*. Extraído de GIS DICTIONARY – Point. *In http://support.esri.com/en/knowledgebase/ GISDictionary/ term/point* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 14h).

informação do tipo de ATRIBUTOS[32]. O uso deste modelo de representação é extensível também ao estudo topológico, onde conjuntos de propriedades e regras permitem estabelecer relações espaciais entre os objectos.

Os SIG possibilitam também a separação dos dados por CAMADAS TEMÁTICAS[33], armazenando-as de modo independente. Uma vez que tem frequentemente como objectivo a análise da informação espacial, o seu modelo de armazenamento contribui para uma adequação em processos de manipulação de dados. O sistema permite a colocação e a resposta de questões analíticas sobre os fenómenos, contribuindo para a descrição das propriedades e das relações espaciais (distância, adjacência, interacção, vizinhança, entre outras). Apesar de não ser frequente a sua aplicação na Conservação de Bens Culturais móveis, mas sim em imóveis[34], a análise espacial poderá servir para

---

[31] "Num mapa, uma forma fechada definida por uma sequência de linhas associadas a pares de coordenadas *x* e *y*, onde o primeiro e último par de coordenadas são o mesmo, e os restantes pares são únicos". Extraído de GIS DICTIONARY – Polygon. *In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/polygon* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 14h).

[32] "Informação não espacial sobre uma entidade/objecto, usualmente arquivada em tabelas e ligada à característica por um identificador. Por exemplo, os atributos de um rio podem incluir o seu nome, comprimento e tipo de sedimentos que transporta. No sistema de representação matricial, informação associada ao valor único da célula. Informações que especifica como as características são exibidas e legendadas num mapa, por exemplo, os atributos gráficos de um rio podem incluir espessura da linha, comprimento da mesma, cor, e tipo de letra (fonte) da legenda". Extraido de GIS DICTIONARY – Attribute. *In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/attribute* (Consulta a 25 de Agosto de 2011; 2h).

[33] "Num Sistema de Informação Geográfica ou Carta Digital, forma de organização dos objectos geográficos por tema. Numa carta topográfica, uma camada pode conter a altimetria, a hidrografia, ou ainda as vias de comunicação, etc. As camadas podem ser entendidas como cartas parcelares, complementares entre si. Uma das vantagens desta organização consiste na facilidade em se visualizar ou manipular somente a informação que é relevante num determinado contexto". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 54.

[34] Vd. COCCOLI, Carlotta – *L´utilizzo di una plataforma GIS per la gestione degli interventi sul patrimonio edilizio esistente (potenzialità) e limiti). I casi della Santissima Trinità di Esine (BS) e della Parrocchiale di Vilminore si Scalve (BG)*. Milão: Politecnico di Milano, 2001–2002. Tese de Especialização em Restauro de Monumentos; COCCOLI, Carlota – L'utilizzo di una piattaforma G.I.S. per la gestione degli interventi sul patrimonio edilizio esistente (potenzialità e limiti). I casi della Santissima Trinità di Esine (BS) e della Parrocchiale di Vilminore di Scalve (BG). *In Atti dell'Ateneo di Scienze, Lettere ed Arti di Bergamo*. Bergamo: [S.n.], 2003–2004, pp. 395-407. Volume LXVI; FRANÇA, Marina Lamounier – *Sistemas de informações geográficas: uma ferramenta para diagnóstico e monitoramento do estado de conservação de bens culturais. Estudo de caso: Portada da Igreja São Francisco de Assis.* Ouro Preto: Universidade Federal de Minas Gerais, 2004. Tese de mestrado; BORELLINI, Gian Carlo; [*et al.*] – La documentazione degli interventi sui dipinti murali attraverso l'utilizzo della tecnologia G.I.S.: il caso del monastero di Cairate (VA). In *Sulle pitture murali. Riflessioni, Conoscenze, Interventi, Atti del XXI Convegno di Studi "Scienza e Beni Culturali", Bressanone, 12–15 luglio 2005.* Bressanone: [S.n.], 2005, pp. 307-316; MUGNAINI, S.; [*et al.*] – Thirteenth century wall paintings under the Siena Cathedral (Italy). Mineralogical and petrographic study

recolher e cruzar resultados dos métodos de exame e análise mais correntes, a fim de quantificar e qualificar os fenómenos de interesse no estudo das obras e optimizar a qualidade dos diagnósticos.

Efectuar registos fotográficos, documentar e gerir a informação não é novidade e tem sido prática comum em diversos estudos de Conservação do Património. No património imóvel ou edificado, tais práticas podem ser estruturadas segundo um modelo geral, por sua vez repartido nos seguintes passos: aquisição de imagens por via das fotografias técnicas; utilização dos dados obtidos; análise e interpretação com recurso a SIG; e, por último, aplicando outras ferramentas, frequentemente das áreas da engenharia, orientadas para a monitorização[35]. Assim, tendo em conta um fluxograma possível das principais operações indicadas na dissertação, partindo-se de uma estrutura que dê importância e ênfase aos métodos de exame e análise (MEAL) segue-se uma correlação funcional com os SIG. O resultado pretendido é que, com base nessa proposta, se gerem novas tipologias de informação úteis para a conservação dos espécimes artísticos (Figura 3).

Na emergência da valorização dos métodos de exame e análise na conservação convém também considerar em que medida as análises respondem às dúvidas que são colocadas nos projectos, bem como ter noção da importância do uso das tecnologias de informação geográfica como mais uma ferramenta de apoio aos MEAL. Nesse sentido, podem-se enumerar alguns motivos a ter em linha de conta:

a) Quando as análises sugerirem fornecer a informação pretendida;
b) Se o objectivo for adquirir informação de carácter quantitativo ou qualitativo;

---

of materials, painting techniques and state of conservation. *Journal of Cultural Heritage*, 7 (2006), pp. 171-185.

[35] Vd. EPPICH, R.; CHABBI, A. – *Recording, Documentation, and Information Management for the Conservation of Heritage Places – Illustrated Examples*. *In http://www.getty.edu/conservation/ publications/pdf_publications/illustrated_examples1.pdf* (Consulta 8 de Junho de 2009; 10h); LETELLIER, R. – *Recording, Documentation, and Information Management for the Conservation of Heritage Places – Guiding principles. In http://www.getty.edu/conservation/publications/pdf_ publications/guiding_principles.pdf* (Consulta a 8 de Junho de 2009; 10h).

c) Avaliar se o conservador-restaurador tem competências técnico-científicas para interpretar os resultados e se existem dados mínimos para fazer uma contextualização histórico-artístico da obra, de modo a produzir uma investigação sustentada.

Com base no supracitado, se os motivos acima descritos estiverem presentes, então existirá uma mais-valia no estudo da obra com ferramentas de análise espacial porque elas podem dar informações proveitosas para a melhor compreensão do espaço pictórico, contribuindo para a maior exactidão na caracterização de zonas de degradação – ou de certos elementos pictóricos.

Como é evidente, por vezes também se colocam razões para não se proceder ao exame de uma determinada peça. Tal questão, quando associada aos métodos de exame e análise clássicos que implicam recolha de amostra, poderá colocar-se quando a análise for demasiado destrutiva e/ou intrusiva para o objecto. Ou então, por questões de ética, normalmente relacionadas com o culto religioso, associado a algumas tipologias de peças. Nesses casos, podem surgir incertezas deontológicas ao proprietário e a quem eventualmente frua espiritualmente do bem cultural em causa[36].

Apesar de não serem intencionalmente aprofundadas na presente dissertação as aplicações de *Computer-aided Design and Drafting (CAD),* a modelação tridimensional por varrimento *laser*[37] e a elaboração e estruturação da informação em sistemas de gestão de bases de dados. Estas técnicas são igualmente fundamentais para a documentação e estudo do Património. Deste modo, são colocados intencionalmente alguns limites ao campo de estudo.

---

[36] Vd. CAPLE, Chris – *Conservation Skills. Judgement, Method and Decision Making*. Londres, Nova York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2000, p. 81.

[37] *Laser* é um acrónimo que em inglês significa *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, ou seja, Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação Trata-se de um dispositivo que produz radiação electromagnética com características muito especiais. Quando monocromática possui uma frequência muito bem definida e quando é coerente tem relações de fase bem definidas. Porque é um sistema de luz colimada propaga-se como um feixe.

Embora algumas das técnicas utilizadas na dissertação derivarem do campo de estudo do processamento digital de imagens (*Imaging Techniques*), de uso corrente na DETECÇÃO REMOTA[38] (*Remote Sensing*), são aqui evidenciadas como ferramentas da biblioteca de algoritmos dos SIG. Isso deve-se ao facto dos SIG terem incluído funções de processamento digital de imagens, por vezes usadas na caracterização da superfície terrestre. Nesse sentido, os SIG podem constituir uma ferramenta de apoio, em *Back Office*, que têm em linha de conta a especificidade da área, com vista a servir a fase de projecto de intervenção/investigação, gestão da informação e difusão dos conhecimentos.

As ciências e as técnicas que lidam com a representação e a análise do espaço, quando contextualizadas com a capacidade contemporânea de processamento de informação, estão em constante e acelerado desenvolvimento. Por este motivo, pode-se condicionar em muito a percepção e o campo de actuação do conservador-restaurador nessas temáticas. A competência de actuação deste profissional é cada vez mais exigente à medida que o conhecimento evolui sob a forma de representação terrestre ou associada à gestão espacial de dados.

Com uma noção clara dos limites da investigação, importa reafirmar que o conservador-restaurador deve ter sempre presente uma visão globalizante e interpretativa da obra. Por esta razão, que alicerça esse perfil, dá-se aqui como referência para fundamentação desse pré-requisito, por exemplo, o art.º 10 artigo da "Carta de Cracóvia", de 2000[39]. Em geral, nesse documento expõem-se resoluções sobre os objectivos e os métodos, os diferentes tipos de património construído, as técnicas de conservação, a gestão, a formação e educação, as medidas gerais e algumas definições. Em particular, nesse

[38] "Conjunto de técnicas de aquisição de dados, baseadas na utilização de sensores instalados em aeronaves ou satélites. Estes sensores podem ser activos, quando emitem um sinal que é reflectido pelo corpo cuja posição ou propriedades se pretende conhecer (como o radar), ou passivos, quando se limitam a detectar e registar a energia electromagnética irradiada ou reflectida pelo corpo. A detecção remota é, nos nossos dias, utilizada na aquisição de dados de natureza muito variada, no âmbito da cartografia topográfica e temática, do ordenamento do território, das aplicações militares, e ainda como contributo para o conhecimento científico e para a monitorização de fenómenos ambientais". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 110.

[39] Vd. ICOMOS – Carta de Cracóvia (2000) sobre a conservação do património construído. *In http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/carta_de_cracovia.pdf* (Consulta a 19 de Julho de 2010; 11h).

artigo, faz-se nota que as técnicas de conservação devem orientar-se na investigação pluridisciplinar, no estudo dos materiais e das tecnologias usadas na produção das obras e/ou na sua conservação.

Face ao que anteriormente se referiu, devem os conservadores-restauradores não serem somente conhecedores das boas práticas de intervenção, mas também estar atentos a novas formas de ligação com outras áreas, à primeira vista, menos associáveis com o Estudo dos Bens Culturais, como sejam, por exemplo, o uso das Tecnologias de Informação Geográfica e, mais especificamente, os Sistemas de Informação Geográfica.

Em síntese, no que concerne ao curso das operações, resume-se aqui que a dissertação sugere a seguinte metodologia de análise em Conservação de Pintura: ortofotografia; georreferenciação; operações em SIG, e obtenção e análise de índices métricos.

1.3 Estrutura do Documento

Sobre a estrutura específica da tese, o primeiro capítulo está reservado à contextualização particular da Documentação de Bens Culturais. Dá-se conta dos seguintes campos: da evolução da noção de documentação; da documentação de área e de ponto, a que deriva do uso de métodos de exame e análise; dos formulários e aspectos específicos da conservação de pintura; da importância e uso dos SIG como sistema de gestão da informação em trabalhos de natureza arqueológica, e eventual correlação com superfícies pictóricas, e dos mais recentes e emergentes desenvolvimentos com varrimento *laser*.

No segundo capítulo, com o sentido de reforçar a ideia de que a análise espacial constitui uma mais-valia como método de exame e análise, faz-se referência a alguns esclarecimentos e indicações que se colocam com a terminologia específica utilizada na área. Nesse capítulo, segue-se um resumo histórico acerca do panorama europeu dos MEA e o contexto particular português.

No capítulo seguinte, o terceiro, explora-se a ideia da aquisição de imagem com fotogrametria de curto alcance, frequentemente feita no levantamento métrico de objectos de pequeno porte (não topográfico). É feito um levantamento historicista do tema, dando-se relevo ao uso e aplicações da técnica no âmbito dos Bens Culturais, em particular, na arquitectura, na arqueologia e no património móvel. O capítulo termina com uma contextualização técnica do processo de ORTORRECTIFICAÇÃO[40], com vista a dar ênfase num tipo de fotografia muito particular, aplicável em pinturas – a ORTOFOTOGRAFIA[41].

No quarto capítulo expõe-se a matéria fundamental da presente tese: os Sistemas de Informação Geográfica. Aborda-se os principais modelos de representação da informação (matricial e vectorial). Faz-se indicação de um processo muito importante no contexto do registo geográfico – a GEORREFERENCIAÇÃO[42], e desenvolve-se os restantes subcapítulos com indicações teóricas de contextualização acerca dos FILTROS[43], de alguns processos de segmentação, da análise de componentes principais, de alguns sistemas de CLASSIFICAÇÃO[44] (supervisionados e não supervisionados). Por

---

[40] "Processo de transformação geométrica aplicado a uma fotografia aérea, de modo a fazer corresponder uma projecção ortogonal do terreno, segundo uma direcção vertical. A imagem transformada é uma ortofotografia". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 237.

[41] "Fotografia que foi sujeita ao processo de ortorrectificação". Extraído de IDEM, *Ibidem*, p. 237.

[42] "Ajustar dados geográficos a um sistema de coordenadas conhecidas, para que possam ser vistos, consultados (*queried*), e analisados com outros dados geográficos. Georreferenciar pode envolver deslocamento, rotação, atribuição de escala, inclinação, e em alguns casos, torção, *rubber sheeting*, e ortorectificação dos dados". Extraído de GIS DICTIONARY – Georeferencing. *In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/georeferencing* (Consulta a 25 de Agosto de 2011; 2h).

[43] "Nas imagens (*raster*) de SIG e em Detecção Remota, uma matriz de números usados para modificar os valores originais das células/pixéis através de vários procedimentos matemáticos". Extraído de DEMERS, Michael N. – *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 1997, p. 466.

[44] "1. Operações cartográficas, em cujo âmbito as entidades a representarem são tipificadas, agrupadas e ordenadas, de acordo com os seus atributos. A classificação comporta a definição das classes, a atribuição das entidades a cada uma delas e a sua ordenação, segundo critérios qualitativos e quantitativos. O objectivo primário da classificação é salientar os aspectos mais relevantes da distribuição a representar na carta, tida em conta a sua escala e propósito. 2. Interpretação de imagens matriciais obtidas por detecção remota, com vista à identificação e medição de determinados fenómenos, e ao estudo da sua distribuição espacial. O processo baseia-se no estabelecimento de correspondências entre o nível radiométrico de cada *pixel*, ou combinação de *pixels* correspondentes a diferentes bandas espectrais, e a natureza ou intensidade dos fenómenos em causas". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 84.

último, termina-se a secção com um tema de adaptação original, focado em alguns conceitos de métricas de paisagem.

No quinto capítulo expõem-se os casos de estudo. Faz-se referência aos conceitos referidos no capítulo anterior e às ferramentas informáticas específicas. Com vista a explorar da melhor forma possível a matéria, são redigidos e explicados 13 estudos de caso, alguns deles publicados em revistas nacionais e internacionais, que inclusive foram objecto de juízo crítico por parte de revisores científicos.

Em conclusão, se bem que à fotogrametria seja dado algum relevo na dissertação, dá-se relevo ao uso particular de algumas funcionalidades dos SIG. A tese termina com uma via de investigação inédita, desenvolvida pela primeira vez com superfícies pictóricas, associada a uma matéria muito específica da ecologia da paisagem, designada de métricas de paisagem (*landscape metrics*).

Assim, em modo de síntese, importa sublinhar que um dos objectivos principais da dissertação seja a inclusão de um novo método de documentação e exame no fluxo de procedimentos da análise da obra de arte, evidenciado no texto pelo uso de técnicas de informação geográfica, a fim de se proceder à análise espacial das superfícies pictóricas.

2 DOCUMENTAÇÃO EM CONSERVAÇÃO DE BENS CULTURAIS

2.1 *Enquadramento Histórico da Documentação*

Com base numa definição recente da *European Confederation of Conservator-Restorers' Organisations* (*ECCO*), o Património Cultural são os objectos, edificações e o meio ambiente, aos quais a sociedade atribui qualidades estéticas, artísticas, documentais, ambientais, históricas, científicas, sociais e espirituais[45]. Segundo Ignacio González-Varas, quando visto na óptica do "monumento", o conceito de "bem cultural" pode implicar um juízo de valor que se encontra suportado principalmente por dois critérios fundamentais: os estéticos e os históricos. Numa óptica mais vasta, a "identidade cultural" pode ser também definida por múltiplos aspectos, como sejam a língua – instrumento de comunicação entre membros de determinada comunidade –, as relações sociais, os ritos e as cerimónias próprias, os comportamentos colectivos, os valores e as crenças[46].

O uso da noção de "bem cultural" ou "património cultural" pensa-se que tenha surgido pela primeira vez em documentos oficiais internacionais na Convenção de Haia, em 1954. Esse evento, organizado sob o patrocínio da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura), ficaria a ser conhecido como "Convenção para a Protecção de Bens Culturais em caso de conflito armado".

Uma década depois tomaram-se algumas iniciativas em plano legislativo em torno do conceito de Património Cultural. Estes primeiros passos foram dados pela lei italiana de 26 de Abril de 1964, conhecida pela Comissão Franceschini. Esse decreto definiu "bem

---

[45] Vd. ECCO – Professional Guidelines. *In http://www.ecco-eu.org/about-e.c.c.o./professional-guidelines-3.html* (Consulta a 21 Junho de 2010; 10h).
[46] Vd. GONZÁLEZ-VARAS, Ignacio – *Conservación de Bienes Culturales. Teoría, historia, principios y normas*. Madrid: Ediciones Cátedra, 2006, p. 43.

cultural" como "todo o bem que constitua um testemunho material dotado de valor de civilização". Esse processo legislativo viria a estabelecer um elenco de categorias dos objectos que se podem considerar como "bens culturais", organizando-os por bens arqueológicos, bens artísticos e históricos, bens ambientais (paisagísticos e urbanísticos), bens arquivísticos e bens documentais na forma de livro[47]. Após essa iniciativa, muitas convenções internacionais têm contribuído para a valorização do património histórico, artístico e, em geral, dos Bens Culturais.

Directamente relacionado com um dos campos de estudo da presente dissertação – a documentação de bens culturais –, conta com o precedente e moderno texto exposto na Carta de Nara/ICOMOS de 1994, que invoca um noção muito específica de "autenticidade" e a "diversidade", como valores fundamentais para fazer face à "homogeneização" e "globalização" contemporânea das culturas. E que, se for feita uma correlação com a conservação, pode-se apurar que é em torno dessa "autenticidade" que os princípios científicos da conservação se devem reger. Em síntese, a Documentação dos Bens Culturais pode, de facto, ser considerada uma fase essencial no processo de consolidação e validação dessa veracidade, assim como constituir como ferramenta essencial na Conservação do Património.

A Documentação na Conservação pode ser feita de múltiplas formas. Tem como objectivo principal o de reunir informações da situação geral da obra, das suas características técnicas, das propostas de intervenção e dos métodos e tratamentos efectuados nas obras. Nalguns casos, informa também sobre algumas particularidades materiais, com dados que são provenientes dos exames e das análises.

Segundo Paolo Mora, Laura Mora e Paul Philippot, o acto de registar informações em documentos é um processo inseparável de um exame ou de uma acção de conservação[48]. Nesse contexto de *praxis* e de actuação no bem artístico, o uso das novas tecnologias informáticas, sejam na forma de compilação de texto ou de uso da imagem são actividades fundamentais na contemporaneidade da área, especialmente, numa época de

[47] IDEM, *Ibidem*, pp. 44-46.
[48] Vd. MORA, Paolo; [*et al.*] – *Conservation of Wall Paintings*. Londres; Boston; Durban; Singapura; Sydney; Toronto; Wellington: Butterworths, 1984, p. 25.

elevado desenvolvimento tecnológico ao nível dos processos de comunicação. A capacidade actual em acondicionar, analisar e interpretar informações tem um vasto campo de possibilidades. Tome-se por exemplo, a documentação gráfica por meio de desenho em computador – um dos tipos possíveis de documentação –, que consiste em assinalar com desenhos de esquemas ou esboços certas evidências nas obras, pode ser feita integralmente em sistema digital; isto faz com que a documentação não fique somente confinada ao suporte de papel, mas sim a uma capacidade "infinita" de acondicionamento, tratamento e partilha da informação com os meios informáticos actuais. No entanto, convém equacionar que o processo de documentação é uma acção bem mais abrangente do que a própria produção dos registos gráficos. É sobretudo, numa perspectiva mais generalista uma reflexão no todo, e um contributo fundamental à perenidade do Património e da sua memória.

O conceito de documentar com a imagem nasce no século XVIII, quando os pintores começam a fazer uso corrente da câmara escura para reproduzir a paisagem por meio de sistemas de lentes e espelhos. Após esses exercícios, a fotografia viria a ser inventada na segunda metade do século XIX e a documentação assistida por computador nas décadas de 1960 e 1970, numa época onde ocorre uma enorme evolução da mais tradicional "Conservação e Restauro" e se afirma a moderna noção de "Ciência da Conservação"[49]. Novos horizontes no uso de sensores electromagnéticos multiespectrais, sistemas electrónicos e computadores vão-se afirmando, sobretudo, na década de 1990. Em conservação, estas tecnologias recentes viriam a servir, por exemplo, para a análise do estado de conservação (por meio de técnicas de processamento informático)[50], investigações nas estruturas mecânicas dos suportes pictóricos em tela[51], modelação em suportes de madeira[52], análise de cor[53], simulação de obras intervencionadas do tipo de

[49] Vd. RISSOTTO, Lidia – Documentazione grafica e fotografica dei beni culturali: necessità, importanza, potenzialità. *In* BASILE, Giuseppe ; MARABELLI, Maurizio, a cura di – *Leonardo L´última Cena*. Florença: Istituto Centrale per il Restauro, Nardini Editore, 2007, pp. 192-194.
[50] Vd. ABAS, Fazly Salleh – *Analysis of craquelure patterns for content-based retrieval*. Southampton: Faculty of Engineering, Science and Mathematics School of Electronics and Computer Science, 2004 (Tese de doutoramento).
[51] Vd. ROCHE, Alain – *Comportement mécanique des peintures sur toile. Dégradation et prevention*. Paris: CNRS Editions, 2003.
[52] Vd. BREWER, Al; FORNO, Colin – Moiré Fringe Analysis of Cradled Panel Paintings. *Studies in Conservation*, Vol. 42, n.º 4, (1997), pp. 211-230.

restauro virtual[54] e, também, entre outras, em investigações de natureza estatística[55]. A título de exemplo pode-se indicar que uma das aplicações mais significativas ocorreu, nesse final de século, durante a intervenção, com a recolha sistemática de imagens nos frescos de Miguel Ângelo, da Capela Sistina, numa área de aproximadamente 1.200 m^2 de superfície[56].

Após a consolidação dos métodos de documentação clássicos da Conservação (fotografia, a radiografia e a reflectografia no infravermelho[57]), no início do século XXI as tecnologias de computação evoluíram de modo significativamente, e face a isso, tem sido muito corrente a captura de imagens e de informação espacial nos Bens Culturais. Salientam-se as seguintes tecnologias de documentação: a tomografia[58]; os registos de alta definição (HD)[59]; os sistemas fotogramétricos, em particular, os não topográficos e/ou de curto alcance[60]; os métodos de levantamento tridimensional a *laser*[61], os sistemas de visualização virtual[62], a reconstrução digital de objectos[63], entre outras.

---

[53] Vd. POLDI, Gianluca; VILLA, Giovanni Carlo Federico – *Dalla conservazione alla storia dell´arte. Riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti.* Pisa: Edizione della Normale, 2006, pp. 303-315.

[54] Vd. GAITTO, Francisco; [*et al.*] – Virtual restoration of a XVIII century sculpture. *CITAR Journal*, n.º 1, (2009), pp. 4-13.

[55] V.d CAPPELLINI, V. – Problems and Techniques of Analysis of Paintings Conservation State: The Case of the Uffizi Gallery. *Journal of the Italian Statisical Soc*iety, n.º 1, (1995), pp. 17-35.

[56] Vd. BUZZANCA, Giancarlo; CAPANNA, Francesca – La documentazione grafica assistita da elaboratori: uno strumento per il restauro. *Bollettino ICR. Nuova Serie*, nº1, (2000), pp. 4-13.

[57] Vd. ALDROVANDI, Alfredo; PICOLLO, Marcello – *Metodi di documentazione e indagini non invasive sui dipinti.* Pádua: Il Prato, 2001.

[58] Vd. ARECCHI, T. ; [*et al.*] – A New Tool for Painting Diagnostics : Optical Coherence Tomography. *Optics and Spectroscopy.* Vol. 101, n.º 1, (2006), pp. 23-26.

[59] Vd. FONTANA, Raffaella; [*et al.*] – New high resolution IR-colour reflectography scanner for painting diagnosis. In *Proceedings of SPIE,* Vol. 5146 (2003), pp. 108-115.

[60] Com programas informáticos bastante robustos que utilizam tecnologia de multi-fotografias convergentes (*iWitness*^{TM}*; Shapecapture*^{TM}*, Photomodeler*^{TM}*; ImageModeler*^{TM}*; Fotog*^{TM}*; RolleiMetric CDW*^{TM}*; Pictran*^{TM}), suficientemente distintos das máquinas e dos recursos computadorizados das últimas décadas do século XX. Vd. sobre algumas tecnologias em desuso: CARBONNEL, Maurice – *Photogrammetrie Appliquee aux Releves des Monuments et des Centres Historiques*. Roma: ICCROM, 1989.

[61] Há uma vasta documentação sobre o uso de tecnologias *laser* na modelação de edifícios históricos, e inclusive nos seus interiores. Por exemplo, na Basílica de Santa Maria Assunta, em Torcello (Veneza), está documentado o uso combinado de duas técnicas, com equipamentos que operam em extensas áreas (Leica LR200^{TM}) e em pequenas regiões (*Konica Minolta Vi910*^{TM}). Vd. BALZANI, M.; [*et al.*] – Using multiple scanning technologies for the 3D acquisition of Torcello's basilica. *In Workshop 3D-ARCH'2005 – 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, August 22-24, 2005, Mestre-Venice, Italy – 2005*. *In http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/5-W17/pdf/5.pdf* (Consulta a 5 Julho de 2010;12h). Em escultura, se bem que se possam colocar problemas na modelação, várias aplicações em

Pelo facto do conservador-restaurador dispor na actualidade de facilidades tecnológicas de registo e armazenamento de informação, a documentação de qualquer acontecimento tornou-se numa prática comum e uma operação acessível. Numa época em que surgem múltiplas tecnologias digitais, documentar é uma operação económica de baixo custo. Além disso, por via dos meios de comunicação contemporâneos, como o caso da Internet, ainda há a enorme disponibilidade em se aceder e partilhar a informação.

Neste plano temporal e tecnológico, o conservador-restaurador actual tem a capacidade de se converter – por inerência da própria profissão – num utilizador e criador de informação. Face à documentação das obras de arte em que labora, acaba por poder desempenhar funções de arquivista e analista de conteúdos. Por um lado, sem colocar de parte o desenvolvimento de capacidades no exercício directo da conservação das peças, um campo muito específico da sua área de conhecimento. Por outro lado, estando consciente da responsabilidade e da finalidade do seu trabalho, a fim de divulgar e comunicar as experiências em forma de documento, de modo inteligível, ordenado, útil, e não menos importante, pensando sempre na óptica do receptor[64].

Para a caracterização clara do "estado de conservação" de uma obra é fundamental que o léxico empregue seja consensual no desenvolvimento do processo de comunicação, uma vez que tem de ser reconhecido pelos utilizadores, produtores e leitores dos formulários[65]. Apesar de, em português, encontrarmos algumas variantes no léxico da conservação de pintura, como o termo "restauro" e o equivalente "restauração" (no português do Brasil), e entre "camada cromática" e "capa", por influência espanhola, o vocabulário técnico corrente de conservação é maioritariamente aceite e reconhecido pelos conservadores-restauradores nacionais.

---

património cultural também são conhecidas. Vd. BERNARDINI, F.; [*et al.*] – Building a Digital Model of Michelangelo's Florentine Pieta – *IEEE Comp. Graphics & Applications*, n.º 22, (1), (2002), pp. 59-67.

[62] Vd. BRUNO, Fabio; [*et al.*] - From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Culture Heritage*, Volume 11, n.º 1, (2010), pp.42-49.

[63] Vd. VELIOS, Athanasios; HARRISON, John – Digital reconstruction of Fragmented Archaeological Objects. *Studies in Conservation*, n.º 52, (2007), pp. 19-36.

[64] Vd. GONZÁLEZ MOZO, Ana – Estudio y documentación de obras de arte. *In* MACARRÓN MIGUEL, Ana Maria; GONZÁLEZ MOZO, Ana – *La conservación y la restauración en el siglo XX*. Madrid: Editorial Tecnos, 1998, p. 59.

[65] Vd. SACCO, Franceso – Sistematica della documentazione e progetto di restauro. *Bolettino ICR. Nuova Serie*, n.º4, (2002), p. 30.

A primeira iniciativa para a formulação das linhas gerais da documentação e da sua importância na conservação foi produzida por um grupo de conservadores-restauradores, do *IIC-American Group Committee on Professional Standards and Procedures,* em 1961, no Encontro regular do *IIC-AG,* em Detroit, sob a direcção do conservador *Murray Pease*[66].

Em 1964 o documento *Report of the Murray Pease Committee*, feito com base no texto redigido três anos antes, é adoptado pelo *IIC-AG* no *Meeting* de Nova Iorque. O modelo geral de documentação (*report*), no seu ponto 4, refere que se deve incluir a seguinte informação no relatório de exame: data das observações e nome do examinador; identificação do objecto com fotografias, medidas e descrições textuais; indicações dos materiais e métodos tecnológicos de produção da obra; registos das alterações e da deterioração, com deduções das observações e comentários; e, se a obra sugerir ser falsa, deve-se consultar uma ou duas personalidades com formação científica de algum laboratório especializado ou um especialista historiador da arte. No relatório de tratamento dever-se-ão focar os procedimentos da intervenção com indicação exacta dos materiais e métodos. Esse texto deverá ser acompanhado por fotografias da peça, antes, durante e depois da actuação, assim como de gráficos ou diagramas para esclarecimento dos processos[67].

Numa obra de 1977, reeditada em 1984, um dos primeiros textos científicos que estabelecem indicações e soluções para símbolos gráficos, de Paolo Mora, Laura Mora e Paul Philippot, pode-se ver indicado um sistema de registo na pintura mural da Igreja de Piva, no Montenegro[68]. A título de exemplo, faz-se também aqui referência a outro trabalho, apresentado publicamente, em 1981, por Ivan Bogovčič, em que aborda outro caso de estudo de pintura mural[69].

---

[66] IIC é o acrónimo de *The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.*

[67] Vd. THOMSON, Garry, ed. – The Murray Pease Report (IIC-AG). *Studies in Conservation,* Vol. 9, n.º 3, (1964), pp. 116-121.

[68] Vd. MORA, Paolo; [*et al.*] – *Conservation of Wall Paintings*. Londres; Boston; Durban; Singapora; Sydney; Toronto; Wellington: Butterworths, 1984, pp. 26-31.

[69] Vd. BOGOVČIČ, Ivan – Symbols graphiques dans la documentation concernant la restauration. *In 6ème Réunion Triennale.* Ottawa: ICOM-CC, 1981. A referência de paginação da obra, porque está constituída por cadernos separados é feita da seguinte forma: 81/4/1-1 a 81/4/1-10.

Outras formas de documentação mais recentes com bases de dados (BD) digitais, sem serem especificamente para conservação ou para listagem de obras e materiais de artistas, podem ser adaptadas para pintura. Tais modelos, aplicados à catalogação e inserção de dados técnicos oriundos do estudo material das obras – por exemplo, do tipo de cortes estratigráficos –, desenvolvidos em instituições orientadas para o estudo das artes podem ser elaborados com o objectivo de armazenar as informações recolhidas[70].

Em relação às grandes tipologias de documentação, Heinz Althöfer sugeriu em 1963 duas formas: a primária e a secundária[71]. A primeira diz respeito a toda a informação que é recolhida directamente da observação da obra e das análises científicas. A secundária é aquela que está indicada nos livros, revistas, fotografias antigas ou relatórios anteriores. Em 1972, na Convenção Internacional da UNESCO em Paris, redefiniu-se o modelo, adicionando mais uma tipologia. Esta, a terceira, é a que está armazenada em instituições de carácter internacional, como o caso do *Getty Conservation Information Network* ou a do ICCROM (*International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property*)[72].

Quando for necessário fazer-se um relatório, a Convenção Internacional da UNESCO, a que ocorreu em Paris e em 1972, sugere quatro campos principais:

a) Indicação da origem, lugar de exposição ou armazenamento da obra;
b) Identificação dos materiais constituintes, análises e descrição da peça;
c) Análise e descrição do estado de conservação (diagnóstico);
d) Indicação do tratamento de conservação realizado por meio de documentos escritos, meios auxiliares e gráficos (instrumentos e materiais utilizados, argumentação das escolhas efectuadas nas operações, indicação de resultados, descrição do estado final).

---

[70] Vd. BURNSTOCK, Aviva; MORGAN, Sarah – A database of artist´s materials from paintings examined at the Courtauld Institute of Art. *In 13th Triennial Meeting. Rio de Janeiro.22-27 September*. James & James: Londres, 2002, pp. 261-268. Vol. I.

[71] Vd. ALTHOFER, Heinz – Zur Dokumentation in der Gemälde-restaurierung. *Österreichische Zeitschirift für Kunst und Denkmalpflege*, nº17, (1963), p.83 e seguintes.

[72] Vd. KNUT, Nicolaus – *Manual de restauración de cuadros*. Koln: Konemann, 1998, pp. 374-375.

Mais recentemente, nas linhas de referência profissionais da ECCO (*European Confederation of Conservator Restorer´s Organizations*), no primeiro capítulo e na definição da profissão, num documento de 2002, refere-se que o conservador-restaurador, entre diversas responsabilidades, deve documentar as suas observações e qualquer intervenção efectuada na obra[73].

Na legislação portuguesa recente, aquela que está relacionada com os trabalhos de conservação, introduz-se um mecanismo de controlo prévio e de responsabilização em relação a todas as obras ou intervenções no Património Cultural. Trata-se do Decreto-Lei n.º 140/2009, artigo 19.º, em "Elementos do relatório prévio para bens culturais móveis"[74]. Nesse documento indica-se que o relatório prévio de bens móveis deverá incidir nos seguintes aspectos:

a) Identificação e localização do bem;
b) Histórico de obras ou intervenções no bem;
c) Diagnóstico do estado de conservação;
d) Âmbito e objectivos das obras ou intervenções;
e) Adequação das obras ou intervenções em relação às características do móvel, ou património móvel integrado, tendo em conta o grau de classificação de interesse nacional, de interesse público ou de interesse municipal, bem como o interesse cultural que a fundamenta;
f) Caracterização das técnicas, metodologias e tratamentos propostos, bem como dos materiais a utilizar, e compatibilidade com os materiais existentes;
g) Avaliação dos benefícios e riscos das obras ou intervenções propostas;
h) Bibliografia e fontes documentais relevantes no âmbito das obras ou intervenções propostas;
i) Levantamento fotográfico ou videográfico geral, de conjunto e de detalhe.

[73] Vd. ECCO – Professional Guidelines. *In http://www.ecco-eu.org/about-e.c.c.o./professional-guidelines-3.html* (Consulta a 21 Junho de 2010; 17h).
[74] Apesar do referido decreto-lei ser totalmente ignorado pela grande maioria das entidades portuguesas que tutelam e actuam na Conservação dos Bens Culturais, trata-se de uma ferramenta legal que fornece informações muito importantes de base para a clarificação das linhas gerais das metodologias de documentação.

Os parâmetros anotados, nomeadamente nas alíneas h) e i) estão, assim, inscritos e em consonância com a documentação primária e secundária, anunciada por Heinz Althöfer (1963). O levantamento fotográfico, como forma de análise científica, insere-se na tipologia primária e a bibliografia e fontes documentais na tipologia secundária.

2.2 Documentação em Conservação de Pintura

Os principais meios de produção de documentação na forma de imagem em Conservação de Pintura são: os registos gráficos manuais ou computorizados; as fotografias técnicas, que recorrem a várias bandas do espectro electromagnético (radiação ultravioleta, espectro visível e radiação infravermelha); as radiografias e as reflectografias de infravermelho. No entanto, esses tipos de documentação estão orientados para a imagem geral ou de área, ou ainda de pormenor das obras. Outros tipos de abordagens podem ser feitos por via dos exames e análises de ponto, operados com instrumentos laboratoriais (microscopias, espectroscopias, cromatografias), que fornecem informações analíticas sobre pormenores das obras. Mas, além dessas duas principais formas (a de área e a de ponto), há hoje também a possibilidade de se documentar com sistemas tecnológicos igualmente evoluídos, como sejam os de varrimento *laser*, ou mesmo, incluir registos videográficos de alta definição. Importa não esquecer que se integra também no grande campo da documentação o suporte dado pelos documentos do tipo de referências bibliográficas, na forma de livros, documentos electrónicos alojados em sítios na *Internet* ou de manuscritos pertencentes a arquivos que tenham conteúdos associados às obras de arte em causa.

Ainda assim, segundo Francesco Sacco, a documentação não deve ser reduzida a uma aplicação técnica mais ou menos sofisticada porque o aspecto gráfico é um processo de muito maior alcance do que a síntese formal do processo lógico – do sistema criado –, em que se tem como objectivo principal o reconhecimento e a classificação dos dados "histórico-conservativos"[75]. Alguns dos sistemas recentes de documentação, no caso do

[75] Vd. SACCO, Franceso – Sistematica della documentazione e progetto di restauro. *Bolettino ICR. Nuova Serie*, n.º 4, (2002), p. 36.

património edificado, fazem-se pelas análises de "ponto" com análises químicas e físicas, ou com exames de "área" com CAD[76], de programas de tratamento de imagem, de fotogrametria[77], com varrimento *laser*[78], com SIG e outros. No capítulo seguinte, especificamente direccionado para os métodos de exame e análise, será exposto em maior detalhe a classificação indicada de métodos de área e de ponto.

2.3 Formulários em Conservação de Pintura

Tal como foi referido na "Carta de Veneza", em 1964, anteriormente citada, a documentação é uma acção que se deve efectuar sempre que se intervém numa obra[79]. Serve a operação, entre vários objectivos gerais, para documentar o próprio objecto, bem como registar as diversas operações efectuadas na peça.

Segundo Chris Caple, o registo de informações sobre a obra e sua intervenção de conservação tem como objectivos específicos[80]:

a) Obrigar forçosamente os conservadores-restauradores a examinar a peça em detalhe;

---

[76] Acerca da linguagem de programação LISP, corrente no CAD ver: MATEUS, Luís – Método de fotogrametria elementar implementado com rotinas em AutoLisp. *CADProject*, Outubro/Novembro, n.º 31, (2007), pp. 48-50; MATEUS, Luís – Evaluating a low cost photogrammetry method with 3D laser scanning. *In http://archc3d.fa.utl.pt/sites/default/files/Mateus_full-text_aj.pdf* (Consulta 7 de Julho de 2010; 10h).

[77] Sobre o "estado da arte" da fotogrametria na documentação do património cultural ver: PATIAS, Petros – *Cultural Heritage Documentation. International Summer School "Digital Recording and 3D Modeling", Aghios Nikolaos, Crete, Greece, 24-29 April. In http://www.photogrammetry.ethz.ch/ summerschool/pdf/15_2_Patias_CHD.pdf* (Consulta a 5 de Julho de 2010; 12h).

[78] O recurso a determinados sistemas tecnológicos tem correntemente vantagens e desvantagens. Isso constata-se sobretudo no tipo de informação que cada ferramenta pode produzir. Em muitos casos, os métodos podem ser, inclusive, complementares uns dos outros. Acerca de uma comparação entre processos fotogramétricos e varrimento laser, ver BALTSAVIAS, Emmanuel – A comparison between photogrammetry and laser scanning. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, n.º 54, (1999), pp. 83-94.

[79] Vd. ICOMOS – *International Council on Monuments and Sites (ICOMOS), Charters, Resolutions and Declarations, 2005. In http://www.international.icomos.org/charters.htm* (Consulta a 5 de Julho de 2010; 13h).

[80] Vd. CAPLE, Chris – *Conservation Skils – Judgement, Method and Decision Making*. Londres, Nova York: Routledge, 2000, pp.70-74.

b) Fazer com que toda a informação descoberta do objecto seja registada; inclui-se neste campo as radiografias, fotografias, análises, observações e referências bibliográficas publicadas acerca da peça;
c) Dar um conjunto de esclarecimentos sobre as melhores formas de actuação na conservação preventiva, fornecendo informações sobre as medidas de manuseamento mais seguras;
d) Registar percas de material que possam ocorrer durante as intervenções, isto, quando se documenta por imagens todas as fases do processo: antes, durante e depois; e ainda assinalar danos que ocorram no transporte, armazenamento e exposição;
e) Não omitir indicações sobre os materiais usados no objecto;
f) Transmitir informações a quem fizer intervenções posteriores;
g) No caso de se verificarem resultados positivos na intervenção, servir de exemplo para objectos que apresentem danos semelhantes;
h) Identificar o objecto no caso de se perder um número de inventário[81] que esteja indicado e presente na peça (etiqueta ou inscrição).

Os formulários de documentação ou registo são usualmente feitos durante e após as intervenções de conservação. São documentos de carácter técnico fundamentais para anotar dados gerais e indicações tecnológicas das obras, assim como aquilo que se faz durante as operações.

Num texto produzido por Anna Maria Marcone (*et al*.), apresentado em 2002, a primeira iniciativa de tentar conceber em Itália um arquivo de informações, recorrendo a critérios padronizados numa recolha ordenada e racional, surge por volta de 1974 no

[81] Acerca do tema da inventariação de pinturas, ver em CAETANO, Joaquim Oliveira – *Normas de inventário. Pintura. Artes Plásticas e Artes Decorativas*. Lisboa: Instituto dos Museus e da Conservação, 2007. Esta obra tem um glossário de vocabulário crítico, materiais e técnicas de pintura. No final desse texto apresentam-se fichas de inventário do programa *Matriz*, do Inventário e Gestão de Colecções Museológicas, do Instituto dos Museus e da Conservação (IMC). Em Apêndice II indicam-se quais as entradas inscritas no glossário e quais são os itens do formulário de inventariação passíveis de fazerem parte de um elenco de campos a indexar numa base de dados e nos SIG.

Istituto Centrale per il Restauro (ICR)[82]. Dois anos mais tarde, com base nessa experiência, pela mão de Giovanni Urbani, produziu-se uma ficha de registo da informação na óptica da aplicação do conceito de conservação preventiva de Cesare Brandi, tendo em conta o estudo dos factores de risco ambientais e do estado de conservação do património artístico italiano. Esse projecto, de 1976, designado de *Piano Pilota per la Conservazione Programmata dei Beni Culturali in Umbria*, tinha a particularidade de apresentar informação codificada com "campos" específicos que caracterizavam detalhadamente o estado de conservação dos objectos[83]. Em 1981, por indicação de um despacho ministerial, fica incumbido o *ICR* de elaborar um modelo de ficha para materiais pétreos, onde surge pela primeira vez a indicação de "modalidade de inspecção", um elemento de fundamental importância para avaliar a qualidade da informação registada[84]. No ano de 1982 surge o formulário do *Museo Civico di Pistoia*, mais elaborado que os anteriores, com a particularidade de incluir indicações expositivas[85]. Este último viria a constituir o traçado base da ficha do *Laboratorio di Restauro de Viterbo*, produzida em 1988, num modelo muito semelhante ao que se utiliza actualmente, com anotação dos dados gerais da obra, tecnologia de produção, factores de degradação e análise do estado de conservação e metodologias de intervenção[86]. O *Opificio delle Pietre* Dure de Florença, em 1990, apresenta uma sugestão para a organização informática de dados provenientes da conservação com um texto livre, sem restrições de léxicos e sintaxe, passível de ser preenchida por arquivistas, historiadores de arte, conservadores-restauradores e técnicos de climatização. A estruturação do documento faz-se em cinco campos: dados administrativos; dados de identificação da obra; dados do meio ambiente; dados de conservação; dados provenientes de outras fontes de documentação (análises, registos

[82] Vd. MARCONE, Anna Maria; [*et al.*] – Il progetto ICR di manutenzione e controllo della Galleria Doria Pamphilj: schedatura conservativa e monitoraggio ambientale. *Bollettino ICR. Nuova Serie*, n.º 2, (2002), pp. 44-66.
[83] Vd. URBANI, Giovanni – Piano pilota perl a conservazione programmata dei beni culturali in Umbria. Progetto esecutivo. Roma: ICR, 1976.
[84] O esquema da ficha foi publicado mais tarde. Vd. CORDARO, M; MAZZI, M. C. – *Censiramento conservativo dei Beni artistici e storici. Guida alla compilazione delle schede*. Roma: Centro Regionale per la Documentazione del Lazio, pp. 10-11.
[85] Vd. ANGELUCCI, S.; MARTELLOTTI, G. – Il rilevamento dello stato di conservazione dei dipinti del museo civico di Pistoia. *In Catalogo delle collezioni del Museo Civico di Pistoia*. Florença: [S.n.], 1982.
[86] Vd. OLIVETTI, C. – Proposta di una Scheda per la raccolta dei dati nel restauro dei dipinti su tela. *Quaderni degli Istituti Culturali della Provincia di Viterbo*. n.º 1, (1988), pp. 25-159.

fotográficos e gráficos, e bibliografia)[87]. O modelo mais recente do *Istituto Centrale per il Restauro*, subdividido em mais de uma centena de campos de análise, está organizado em seis áreas: dados de referência; documentação; características de colocação e exposição; dados técnicos e estado de conservação; indicações sobre as intervenções e dados associados à própria ficha[88].

Um dos mais completos formulários de documentação produzidos com a colaboração portuguesa foi o do programa NARCISSE (1993). Tratou-se um projecto europeu de investigação e desenvolvimento, orientado sob a responsabilidade da *Direction des musées de France,* no âmbito das Comunidades Europeias. O consórcio europeu *NARCISSE* foi composto por quatro países membros, através das seguintes instituições: Arquivos Nacionais/Torre do Tombo (Lisboa, Portugal); *Datenbank Schweizerischer* (Berna, Suíça); *Laboratoire de Reserche des Musées de France* (Paris, França); *Rathgen Forschungs Laboratorium* (Berlim, Alemanha). Teve como principal objectivo a elaboração de um banco de imagens digitalizadas em alta definição, gerido a partir de uma BASE DE DADOS[89] textual e multilingue. Orientada para iluminura e a pintura, organiza-se em três campos: "ficheiro da obra"; "ficheiro estado da obra" e "ficheiro filme". O primeiro diz respeito a dados gerais de identificação; o segundo aborda os elementos constitutivos originais, as alterações e as intervenções; e o terceiro, como a própria designação indica, os documentos do tipo de filme[90]. Nessa perspectiva, propõe-

---

[87] Vd. MAZZA, Miriam Fileti; [*et al.*] – Organizzazione informatica della scheda di restauro. *OPD Restauro*, n.º 2, (1990), pp. 49-66. Ver em Apêndice II a ficha do *Opificio della Pietre Dure*. Segundo os autores do documento anteriormente citado, vem no seguimento de uma outra, desenvolvida em 1985. Vd. RASARIO, G. – Una scheda per il restauro. *Bollettino di informazioni del Centro di elaborazione automatica di dati e documenti storico artistici. Scuola Normale Superiore – Pisa*. VI, n.º 2, (1985), pp. 159-181.

[88] Vd. MARCONE, Anna Maria; [*et al.*] – Il progetto ICR di manutenzione e controllo della Galleria Doria Pamphilj: schedatura conservativa e monitoraggio ambientale. *Bollettino ICR. Nuova Serie*, n.º 2, (2002), pp. 44-66.

[89] "Colecção de dados armazenados num computador, organizada segundo um certo modelo, o qual descreve as características das entidades representadas e as relações entre elas. Esta estrutura é, em princípio, concebida de modo a facilitar o acesso aos dados e a sua exploração. As bases de dados são construídas, exploradas e geridas através de aplicações informáticas designadas por sistema de gestão de bases de dados, ou SGBD". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 42.

[90] Ver em Apêndice II um glossário em português de termos utilizados em CR de pintura. Também em Apêndice II apresenta-se uma lista de campos do formulário. Vd. COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES - *NARCISSE. Network of Art Research Computer Image Systems in*

se que se podia adoptar o NARCISSE a um sistema de gestão de base de dados (SGBD) contemporâneo.

O projecto supramencionado viria a dar origem, ainda em 2002, a uma base de dados *open source* para a gestão de colecções em museus e em laboratórios de conservação. Encontra-se disponível na *Internet*, com a designação *EROS system*[91].

Em 1997 surgem dois trabalhos de interesse assinalável, que apresentavam como objectivo geral a divulgação de um catálogo de símbolos, na forma de "tramas", de apoio à representação gráfica. O primeiro dos textos anuncia o projecto e está orientado para a pintura sobre tela, madeira e mural[92]. O segundo diz respeito a materiais cerâmicos, marfins, metais, vidro, material pétreo e tecidos[93]. Em ambos os casos, os objectivos específicos da iniciativa eram os seguintes: efectuar uma normalização da representação gráfica; levar a efeito uma normalização da terminologia utilizada; simplificar a representação mediante a aplicação de uma simbologia padronizada; aplicar o tratamento informático dos dados ao resultado final do relatório de intervenção (ficha de obra); obter uma boa qualidade do trabalho; facilitar a reprodução de registos gráficos resultantes e homologar o resultado final da parte gráfica de um relatório técnico. Alguns dos 190 ícones e tramas são por exemplo: as lacunas, as inscrições, as queimaduras, as alteração dos pigmentos, o pasmado, a presença de organismos biológicos e/ou s repintes[94].

Europe. Sistema documental de pintura e iluminura. Lisboa: Arquivos Nacionais / Torre do Tombo, 1993.

[91] Vd. LAHANIER, Christian; [*et al.*] – EROS: an open source, multilingual research system for image content retrieval dedicated to conservation-restoration exchange between cultural institutions. *In 13th Triennial Meeting. Rio de Janeiro. 22-27 September*. James & James: Londres, 2002, pp.287-294. Vol. I.; AITKEN, Geneviève; [*et al.*] – EROS: an open source database for museum conservation restoration. *In 14th Triennial Meeting. The Hague, 12–16 September 2005*. James & James: Londres, 2005, pp.15-23. Vol. I.

[92] Vd. BAGLIONI, Raniero; [*et al.*] – Catálogo de simbología de apoyo a la representación gráfica del informe técnico de bienes muebles. *Boletim IAPH*, n.º 19, (1997), pp. 41-50.

[93] Vd. BAGLIONI, Raniero; [*et al.*] – Catálogo de simbología de apoyo a la representación gráfica del informe técnico de bienes muebles (II). *Boletim IAPH*, n.º 20, (1997), pp. 32-45.

[94] Ocorreram, por parte dos editores do boletim *IAPH*, algumas gralhas de impressão significativas no primeiro artigo, naquele que dizia respeito à pintura. No segundo artigo faz-se uma errata desse primeiro. Como tal, para observação dos respectivos símbolos gráficos na pintura, deve-se consultar não o primeiro artigo, mas sim o segundo (n.º 20).

No mesmo ano de 1997 surge na obra *La dégradation des peintures sur toile – Méthode d´examen des altérations*, uma ficha formulário, específica para a pintura sobre tela, dividida em três campos: descrição, constituição da pintura e alterações. O modelo está elaborado para que se possa inserir "cruzes", na forma de teste americano, a fim de se fazer o registo das informações da obra em causa[95].

Nicolaus Knut elenca, na publicação traduzida para castelhano *Manual de Restauración de Cuadros (1998),* dois tipos de fichas de documentação: a de elementos constituintes e a da análise do estado de conservação[96]. De Anna Maria Marcone e co-autores, elaborados pelo *Istituto Centrale per il Restauro*, num texto de 1999, temos dois modelos de formulários para pinturas sobre tela e madeira. Os documentos foram produzidos para manutenção de obras em museus, com forte ênfase nas técnicas artísticas e nas questões que se colocam regularmente na conservação. Faz-se também indicação de uma terminologia especializada útil para a gestão das colecções[97].

No livro *Conservation Skils – Judgement, Method and Decision Making*, de Chris Caple e de 2000, é dada indicação dos principais parâmetros que se podem registar. Trata-se de uma ficha de documentação possível, anunciada pelo autor, segundo um modelo generalista, passível de ser usada em museus e em várias tipologias de objectos[98]. A autora Ana Calvo, em 2002, no trabalho *Conservación y restauración de pintura sobre*

---

[95] Vd. BERGEAUD, Clare; [*et al.*] – *La dégradation des peintures sur toile – Méthode d´examen des altérations.* Argenton-sur-Creuse: Imprimerie de L´Indre, 1997. Ver em Apêndice II.

[96] Vd. KNUT, Nicolaus – *Manual de restauración de cuadros*. Koln: Konemann, 1998, pp. 376-379. Ver Apêndice II os formulários de documentação.

[97] Os formulários são elaborados em seis campos: dados de referência; documentação; localização e exibição; dados técnicos e estado de conservação; propostas de tratamento; Créditos do preenchimento do documento. Vd. MARCONE, Anna Maria; [*et al.*] – A system for collecting data on canvas and panel paintings for the maintenance and surveillance of a historical art collection in Rome. *In* BRIDGLAND, Janet; BROWN, Jessica, ed. – *Preprints of the ICOM-CC 12th Triennial Meeting, Lyon 29 Aug -3 Sept 1999*. Londres: James and James, 1999, pp. 257-262. Vol. I. O trabalho indicado, conduzido por Ana Maria Marcone *et al.* (1999), do *ICR*, fez parte de uma iniciativa que tinha presente uma equipa multidisciplinar constituída por físicos, químicos, biólogos, conservadores-restauradores e profissionais de informática. O objectivo foi efectuar o estudo para a manutenção e controlo ambiental da Galeria Doria Pamphilj, em Roma. Vd. MARCONE, Anna Maria; [*et al.*] – Il progetto ICR di manutenzione e controllo della Galleria Doria Pamphili: schedatura conservativa e monitoraggio ambientale. *Bollettino ICR. Nuova Serie*, n.º 2, (2002), pp. 44-66.

[98] Vd. CAPLE, Chris – *Conservation Skils – Judgement, Method and Decision Making*. Londres, Nova York: Routledge, 2000, pp.70-74. Ver indicações sobre os principais parâmetros anotados na ficha sugerida pelo autor em Apêndice II.

lienzo, tem um capítulo dedicado aos Exames, Relatórios e Documentação. No final desse texto expõe-se um esquema de relatório (*informe*) para intervenções em pintura sobre tela[99]. Outro autor, Francesco Sacco, propõe uma ficha original, com um sistema de hierarquização taxonómico, com três ordens principais (topológico, histórico-conservativo, diagnóstico), do tipo de classificação natural, na forma de categorias, classes, géneros e espécies[100], ou através do modelo de ordenação: família, género, classe e subclasse[101]. Um modelo gráfico de ficha mais simples, elaborado por Ana González Mozo, encontra-se na obra *La Conservación y la Restauración en el siglo XX*. Este trabalho apresenta um arquétipo muito simples, mas que tem a particularidade de sugerir hiper-ligações do fólio principal para páginas secundárias[102].

Uma aplicação recente à pintura mural, do sítio arqueológico de Ajanta, é dada por Annamaria Giovagnoli e co-autores em 2008, onde se apresenta um modelo dividido em seis secções: dados de referência; documentação (gráfica, fotográfica e textual); características da exposição; dados técnicos e estado de conservação; proposta de tratamento com indicação de prioridades; dados do próprio registo[103]. O trabalho de Barbara Appelbaum, *Conservation Treatment Methodology*, de 2009, com carácter muito generalista, apresenta um modelo – do tipo de ficha formulário – orientado para qualquer objecto. O modelo está estruturado da seguinte forma: título do documento; identificação do espécime, motivo para o tratamento, estado de conservação, objectivos da intervenção, proposta de tratamento e anotação da mesma, dados técnicos (análises e

[99] Vd. CALVO, Ana – *Conservación y Restauración de Pintura sobre Lienzo*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2002, pp. 57-78. Ver em Apêndice II o formulário.
[100] Vd. SACCO, Francesco – Sistematica della documentazione e progetto di restauro. *Bolettino ICR. Nuova Serie*, n.º 4, (2002). Ver da página 39 à 53. As famílias indicadas são cinco: técnica de execução, estado de conservação, intervenções de CR precedentes, intervenção de CR, diagnóstico. Este trabalho, segundo o autor, vem no seguimento de outro produzido por si. Vd. SACCO, Francesco – Il problema della documentazione grafica dei restauri. *Materiali e Strutture*, III, 1 (1993), p. 26.
[101] Vd. BUZZANCA, Giancarlo; CAPANNA, Francesca – La documentazione grafica assistita da elaboratori: uno strumento per il restauro. *Bollettino ICR. Nuova Serie*, n.º 1, (2000), pp. 4-13.
[102] Vd. GONZÁLEZ MOZO, Ana – Estudio y documentación de obras de arte. In MACARRÓN MIGUEL, Ana Maria; GONZÁLEZ MOZO, Ana – *La conservation y la restauración en el siglo XX*. Madrid: Editorial Tecnos, 1998, p. 71.
[103] Vd. GIOVAGNOLI Annamaria; [*et al.*] – The mural paintings of the Ajanta caves, part I: Documentation on execution techniques and conservation condition. *In 9th International Conference on NDT of Art, Jerusalem, Israel, 25-30 May 2008. In http://www.ndt.net/article/art2008/ papers/058Capanna.pdf (Consulta a 24 de Junho de 2010; 11h).*

fichas técnicas de produtos, recomendações de acondicionamento e tempo estimado para o processo)[104].

Na bibliografia técnica aqui anotada, expõem-se diversos modelos de formulários. Em alguns casos, designam-se como relatórios técnicos ou fichas. No caso particular dos museus e instituições que organizam exposições, por vezes, usa-se a denominação de "relatórios de documentação" (*condition report*), geralmente, com características próprias, orientados para o tipo de peça ou colecções, mais focados em indicações de entradas e saídas de peças. Do balanço geral, feito dessas referências bibliográficas, verifica-se que os formulários se estruturam, frequentemente, em seis principais domínios:

a) Dados de identificação geral;
b) Tecnologia e materiais constituintes;
c) Análise do estado de conservação (diagnóstico);
d) Proposta de intervenção justificada;
e) Intervenção efectuada na obra;
f) Anexos (documentais, gráficos, fotográficos, exames e análises, entre outros).

Cada um dos seis campos supracitados é desenvolvido por subtópicos, onde se especificam todos os detalhes da obra em causa. Os modelos desses subcampos, consoante a origem do documento e suas especificidades – por vezes, associadas a tipologias de colecções – podem ser muito diversos.

Os "dados de identificação geral" indicam os seguintes tópicos: autor/redactor do formulário, a tipologia de peça, o título da obra, as suas dimensões, a sua origem, o seu proprietário, a sua iconografia, o seu trajecto e vicissitudes históricas, a sua época ou datação, as suas condições de exposição ou armazenamento, a bibliografia sobre a obra, entre outros.

[104] Vd. APPELBAUM, Barbara – *Conservation Treatment Methodology*. Oxford, Burlington: Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2009, pp. 400-412.

O campo de "tecnologia e materiais constituintes", dependendo da tipologia de peça, faz-se em pintura com uma descrição pormenorizada do suporte e da camada pictórica (camada de preparação, camada cromática, camada de revestimento/protectora). Além de uma observação à vista desarmada, sempre que possível e se bem justifique, também se podem efectuar análises laboratoriais complementares. Esta abordagem consiste em recorrer a técnicos especializados no estudo de materiais de Bens Culturais, a fim de poder dar respostas às dúvidas que são colocadas no processo de investigação. O êxito deste tipo de análise depende da capacidade de diálogo interdisciplinar dos actores do processo (conservador-restaurador e analista/s).

A "análise do estado de conservação" é o mesmo que o diagnóstico. Após uma primeira fase de levantamento das condições de conservação da obra, tendo por apoio os resultados dos métodos de exame e análise, faz-se o diagnóstico. Trata-se de um procedimento que implica uma capacidade analítica e de interpretação multifactorial, onde sejam tidos em linha de conta todos os pormenores da pintura. É com base no diagnóstico que se projecta uma proposta de tratamento; esta, entre as várias opções possíveis, deverá ser justificada e ajustada aos critérios e princípios fundamentais da conservação contemporânea: o da intervenção mínima, compatibilidade material, resultados finais discerníveis, reversibilidade, entre outros[105]. Devendo-se deixar bastante claro no texto quais são, por exemplo, as prioridades e qual a urgência de cada operação.

Nos diversos campos, onde se anotam tanto a proposta de intervenção como o processo de actuação específico na obra, pode-se fazer referência às seguintes indicações: objectivos, critérios, metodologias, condições de trabalho, produtos utilizados e suas concentrações, tempos de actuação, entre outras. Nas metodologias deve-se justificar – tendo por base o estado de arte do conhecimento na conservação dos bens culturais – com referências bibliográficas citadas na literatura científica. Exemplo disso poderá ser o uso de uma metodologia na fase de limpeza química, que tenha como referência os protocolos de actuação válidos pela comunidade científica.

[105] Vd. ECCO – Professional Guidelines. *In http://www.ecco-eu.org/about-e.c.c.o./professional-guidelines.html* (Consulta a 21 Junho de 2010; 10h).

Os "anexos" podem ser de vários tipos: fontes bibliográficas, dados laboratoriais, documentação de imagem e registos gráficos. O primeiro campo poderá ser uma compilação de textos conhecidos sobre a peça, ou que possam servir indirectamente para fazer o seu contexto histórico-artístico. Pode ser incluída uma documentação fotográfica de vista geral, frente e verso, registos de pormenor – macro e microfotografias – e de fotografias técnicas; como seja a de luz rasante, de luz monocromática de sódio, de luz transmitida, de fluorescência da radiação ultravioleta, de radiação no comprimento de onda do infravermelho, entre outras. Esses registos servem para documentar duas principais temáticas: a tecnologia de produção da obra e o estado de conservação.

No que diz respeito a registos gráficos, a metodologia mais tradicional consistia em desenhar sobre um acetato. Para Francesco Sacco, como princípio geral, uma anotação gráfica de uma intervenção é principalmente uma representação simbólica das características da superfície pictórica e não uma reprodução gráfica mimética[106]. Nesses casos, trata-se de uma acção que deve ter presente, sobretudo, entre várias significações, um valor crítico por parte de quem elabora a representação. Por exemplo, a fim de se representarem vários temas da pintura da "Última Ceia", de Leonardo da Vinci, em Milão, a metodologia desenvolveu-se através do trabalho numa única folha: desenho (preparatório, incisão, original, reajustes pictóricos, simplificações de forma e delimitação arquitectónica), lacunas (de *intonaco*, preparação e de profundidade), fissuras, massas de preenchimento (removidas e não reintegradas e removidas e reintegradas), repinturas e manchas de humidade. As lacunas foram representadas graficamente com duas linhas de bordo. Dadas as dimensões da pintura, o processo prosseguiu com um levantamento métrico em grelha cartesiana, com uma reprodução fotomecânica à escala 1:3, cópia heliográfica, digitalização, VECTORIZAÇÃO [107] das

[106] Vd. SACCO, Francesco – Sistematica della documentazione e progetto di restauro. *Bolettino ICR. Nuova Serie*, n.º 4, (2002), p. 33.
[107] "Processo de conversão de dados matriciais em dados vectoriais. É bastante mais difícil do que a operação inversa (rasterização), podendo ser realizada de forma automática ou semiautomática, isto é, sem ou com a ajuda de um operador". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 327.

linhas matriciais da imagem digitalizada e assemblagem dos registos em mosaico[108]. Actualmente, os MAPAS TEMÁTICOS[109] que representam os fenómenos nas superfícies são feitos maioritariamente através de registos fotográficos e do uso de programas informáticos, tal como se visou explorar na presente dissertação.

Importa referir aqui três aspectos fundamentais que, segundo Ana González Mozo (1998), devem considerados no processo de Documentação dos Bens Culturais[110]:

a) A Documentação de Bens Culturais deverá ser um processo ordenado, cujo método deve ser estabelecido, ou pelo menos esboçado e planificado antes do seu começo, devendo-se caracterizar pela sua exaustividade, objectividade e verificação dos dados obtidos, assim como por apresentar uma boa estruturação e redacção dos documentos finais, fazendo-se alusão a todas as fontes consultadas, independentemente da sua origem;
b) Deve dar-se relevo à importância da imagem;
c) O objectivo final das informações e documentações que se geram nos processos de conservação é a sua utilização e difusão, não a mera acumulação dos dados.

Os aspectos específicos que podem ser apreciados na conservação de pinturas catalogam-se em três campos de análise: ao nível do suporte (estruturas de sustentação, tela, madeira e folha metálica); tendo em conta a camada pictórica (desde o preparo à camada cromática); e, por último, a camada de verniz (estrato que confere saturação de cor e protecção à pintura). Associado a cada um desses níveis, passíveis de serem elementos constituintes de uma documentação, pode-se analisar a vertente tecnológica, os fenómenos de alteração e a presença das acções de conservação e restauro nas peças.

---

[108] Vd. DELMASTRO, Fernando ; RISSOTTO, Lidia – Documentazione del dipinto: verso una banca dati. *In* BASILE, Giuseppe ; MARABELLI, Maurizio, a cura di – *Leonardo L´última Cena*. Florença: Istituto Centrale per il Restauro, Nardini Editore, 2007, pp. 160-161.

[109] "Uma representação gráfica de relações espaciais de certas entidades inscritas numa área. Qualquer representação gráfica geográfica ou informação espacial". Vd. GIS DICTIONARY – Map. *In* *http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/map* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 2h).

[110] Vd. GONZÁLEZ MOZO, Ana – Estudio y documentación de obras de arte. *In* MACARRÓN MIGUEL, Ana Maria; GONZÁLEZ MOZO, Ana – *La conservación y la restauración en el siglo XX*. Madrid: Editorial Tecnos, 1998, p. 57.

Quanto ao suporte de madeira, poder-se-á caracterizar, entre vários, os seguintes elementos:

a) A tecnologia e as suas evidências do corte e serragem das tábuas, os sinais de desbaste das tábuas por ferramenta do tipo de enxó e/ou outras, as marcas ocasionais ou inscrições do marceneiro para anotação das distâncias e eventuais sistemas de união de juntas;
b) As formas de deterioração vistas nos empenos, nas fissuras e fendas, nas faltas de material original ou de elementos, nas evidências das degradações biológicas de insectos ou fungos (podridão branca ou castanha) e em esboroamentos;
c) As acções de conservação curativa, a colagem de tábuas, a introdução de travessas de reforço ou remoção de estruturas (do tipo de, por exemplo, parquetagens em grelha), a presença de preenchimentos de madeira em V ou enchimentos com resinas naturais e/ou sintéticas, a inserção ou remoção de duplas caudas de andorinha ou outros sistemas de união.

No suporte têxtil o registo poderá ocorrer sobre:

a) A tecnologia de produção das telas, com a avaliação da densidade da tecelagem, a torção do fio, as costuras nas telas de grandes dimensões e a eventual presença de carimbos de fabricação têxtil;
b) As formas de deterioração associadas às deformações (ondulações e tensões vectoriais), os rasgões, às faltas de material original, aos vincos, as marcas da grade e as degradações por acção de insectos e/ou fungos;
c) As acções de conservação curativa, onde se verifiquem técnicas de união de rasgões (por exemplo, de micro cirurgia), as incrustações, os reforços pontuais, a presença de bandas de tensão ou de perimetria, as entretelagens, entre outras.

Em relação aos suportes metálicos (cobre ou folha de Flandres) pode-se documentar:

a) A tecnologia em causa na produção das folhas, as marcas específicas das ferramentas e a espessura dos suportes;

b) As formas de deterioração vistas, especialmente, nos fenómenos de corrosão e/ou produtos de alteração das ligas (acção pontual ou generalizada);
c) Em actuações de conservação pontuais com o uso da temperatura (soldaduras).

Na camada pictórica a descrição poderá envolver:

a) Na tecnologia, a qualidade de aplicação e nivelamento da preparação, o movimento do pincel (relevo e direcção), por aplicação de camada fina e translúcida (velatura) ou com vários tipos de empastes e, muito particularmente, a presença rara da impressão digital do autor da obra;
b) Acerca das formas de deterioração, a visualização das lacunas de preparação ou de camada cromática, os fenómenos de pulverulência do preparo ou dos pigmentos, os diversos tipos de destacamentos (entre a camada pictórica e o suporte ou entre a camada cromática e a de preparo), as redes de fissuras ou *craquelures*[111], o movimento do suporte lenhoso, que origina fissurações que acompanham o veio da madeira, o movimento do suporte têxtil, que origina uma rede de fissuras que se desenvolve sobretudo de modo aleatório, as redes causadas por acidentes do tipo de impactos, que nos suportes têxteis têm geometrias concêntricas, os sinais de descolorações dos pigmentos, o aumento de transparência, entre outras;
c) No que concerne às acções de restauro veja-se os preenchimentos (circunscritos às lacunas ou sobre as camadas originais), os desgastes da limpeza química ou mecânica, os repintes alterados ou os que saiam fora da área das lacunas, as repinturas de valor histórico, as repinturas de restauros artísticos, as acções pontuais de reintegração cromática, as reintegrações cromáticas ilusionistas (miméticas), de pontilhismo, em tom neutro, em *tratteggio*, de selecção cromática ou de selecção de ouro e de reintegração fragmentária.

---

[111] Segundo Ségolène Bergeon, pode-se caracterizar os *craquelures* de três formas: os "precoces", provocados pela técnica de pintura, de "idade", originados por processos de envelhecimento natural e os "falsos", causados por produtos específicos que aceleram o processo de secagem criando fissuras. Nesses *craquelures*, produzem-se fissurações com diversas tipologias de redes. Vd. BERGEON, Ségolène – *Science et Patience ou la Restauration des Peintures*. Paris: Éditions de la Réunion des Musées Nationaux, 1990, pp. 196-197.

O verniz pode ser visto tendo em conta:

a) A sua tecnologia de aplicação, registando-se as evidências de escorrência original, a espessura irregular e a orientação da pincelada;
b) As formas de deterioração mais comuns são as microfissuras, que dão origem ao pasmado (*chanci*), os reflexos azulados, o característico amarelecimento e escurecimento pronunciado, a pulverulência e os riscos e desgastes. Ainda sobre a camada de verniz pode-se apreciar alguns factores externos, provenientes da presença de colónias de fungos cromogéneos, de pingos de substâncias líquidas, de excrementos de animais, da deposição de sais ou de manchas gordurosas;
c) Acções de conservação curativa ou restauro associadas sobretudo a aplicações desiguais.

2.4 O uso dos Sistemas de Informação Geográfica

Como anteriormente se anotou, são vários os campos a elencar e a descrever nos formulários, fichas e relatórios de Conservação. Frequentemente, a elaboração desses conteúdos são feitos e organizados por instituições de referência e organismos actuantes no Património Cultural (Universidades, Museus, Departamentos que tutelam património, entre outros). Na prática, acabam por ser esses documentos, com algumas alterações, os que são introduzidos na prática diária dos ateliês de conservação.

Na realidade, os documentos são essenciais nos projectos e constituem ferramentas muito importantes para a aferição da qualidade. Aliás, no que concerne ao “relatório prévio” e ao “relatório final”, as terminologias adoptadas do Decreto-Lei 140/2009 (Ver em apêndice II), importa assinalar que a documentação é muito mais do que uma compilação de textos e imagens. É especialmente um instrumento de valoração significativa para atestar a responsabilidade civil dos profissionais da conservação perante os proprietários das obras.

As tipologias de documentação anteriormente indicadas, em geral, podem ser feitas maioritariamente em bases de dados informatizadas. No entanto, apesar de não serem conhecidas aplicações consistentes à conservação de pintura (móvel) com Sistemas de Informação Geográfica, entre vários exemplos, está documentado o seu uso na elaboração de cartas de risco de património edificado[112], na caracterização do estado de conservação e na gestão da informação de características construtivas e de degradação da pedra[113].

Em contexto de obra e pintura mural está referenciado o uso de um Sistema de Documentação e Arquivo (SDA) de texto, gráficos e imagens, num projecto integrado e *in situ* com uma estação informática disponível aos conservadores-restauradores em contexto de obra, para actualização de dados e registo de informações dos frescos de *Piero della Francesca*, na Basílica de *San Franceso d´Arezzo*[114], nos frescos da cripta de *San Magno* no *Duomo di Anagni* e no sítio arqueológico do *Domus dei Coiedii*, em Castelleone de Suasa, Ancona, Itália[115]. Neste último caso, os registos recolhidos e os dados obtidos nos projectos – organizados em tabelas alfanuméricas, desenhos vectoriais e imagens matriciais – incluíam os resultados das pesquisas biológicas e químicas, parâmetros físicos do clima e microclima, informações sobre as intervenções propriamente ditas de conservação, pesquisa historiográfica e levantamento gráfico do edifício. Além desses exemplos, e daqueles que são descritos no manual de James Conolly e Mark Lake[116], existem ainda, actualmente, várias propostas mais complexas com o uso de SIG tridimensional, em projectos de estudo e análise espacial de entidades em sítios arqueológicos[117]. É prova disso a recente implementação dessas novas

---

[112] Vd. BARTOLI, Ninfa Cannada; [*et al*.] – Carta del rischio del património culturale. Il pólo regionale della Lombardia. *Bolletino ICR – Nuova serie*, n.º 6-7, (2003), pp. 4-25.

[113] Vd. ACCARDO, Giorgio – Sullo stato di conservazione. *Bolletino ICR – Nuova serie*, n.º 8-9, (2004), pp. 4-22.

[114] Vd. CASCIU, Stefano; [*et al*.] – Le role de l´informatique dans la restauration de *La légend de la vraie Croix* à la basilique Saint-Francois d´Arezzo. In *Informatique & Conservation-restauration du Patrimoine Culturel. 8es journées d´´etudes de la SFIIC, Chalon-sur-Saône, 23-24 octobre 1997*. Champs-sur-Marne: SFIIC, 1997, pp. 117-188.

[115] Vd. CACACE, Carlo – GIS: uno strumento perl a rappresentazione organizzata delle informazioni sui processi di restauro e conservazione. *Bolletino ICR – Nuova serie*, n.º 13, (2006), pp. 19-26.

[116] Vd. CONOLLY, James; LAKE, Mark – *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

[117] Vd. KATSIANIS , Markos; [*et al*.] – A 3D digital workflow for archaeological intra-site researchusing GIS. *Journal of Archaeological Science*, n.º 35, (2008), pp. 655-667.

tecnologias na documentação estratigráfica em arqueologia[118], bem distinta do modelo clássico de diagramas 2D, do tipo de matrizes de Harris[119].

Importa também relatar que outros sistemas de representação possíveis envolvem o 2.5D, onde através de imagens e informações altimétricas do relevo – de dados obtidos mediante o uso de técnicas topográficas tradicionais (estação total) –, é possível produzirem-se modelos digitais de superfície. No que concerne ao varrimento *laser* 3D, são bem conhecidas as potencialidades dessa contemporânea ferramenta na caracterização de objectos em Bens Culturais[120].

Do ponto de vista histórico, a utilização dos sistemas de informação geográfica no Património Cultural parec ter começado por ter particular expressão em Itália, com uma comunidade científica bastante activa em investigação de base e aplicações aos sítios e monumentos históricos[121]. De relevo significativo, presume-se que a nível internacional, o maior impulso foi dado pelo seminário *GraDoc,* coordenado e organizado pelo ICCROM, em Roma e em 1999. O evento teve como objectivo reunir alguns especialistas mundiais em documentação gráfica de pintura mural com vista a criar e consolidar uma rede de profissionais, servir de impulso a troca de experiências, lançar uma primeira definição dos requisitos mínimos para a padronização da documentação

[118] Vd. D´ANDREA; LORENZINI, A.; MILANESE, M. – A novel approach to 3D documentation and description of archaeological features. *In* MELERO, F. Javier; [*et al*.], ed. – *Fusion of Cultures. Abstracts of the XXXVIII Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Granada: CAA, 2010, pp. 499-502; LIMP; W.F.; [*et al*.] – Approaching 3D Digital Heritage Data from a Multi-technology, Lifecycle Perspective. *In* MELERO, F. Javier; [*et al*.], ed. – *Fusion of Cultures. Abstracts of the XXXVIII Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Granada: CAA, 2010, pp. 519-521; DIARTE, P.; [*et al*.] – VisArq. 1.0.: interactive archaeology and 3D. *In* MELERO, F. Javier; CANO, Pedro; REVELLES, Jorge, ed. – *Fusion of Cultures. Abstracts of the XXXVIII Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Granada: CAA, 2010, pp. 531-534.

[119] Vd. HARRIS, E. C. – *Principles of archaeological stratigraphy*. Londres & San Diego: Academic Press, 1979.

[120] Vd. GODIN, Guy; [*et al*.] – Active Optical 3D Imaging for Heritage Applications. *IEEE Computer Graphics and Applications. September/October-Computer Graphics in Art History and Archaeology*, (2002), pp. 24-36.

[121] Vd. PETRESCU, Florian – The use of GIS technology in cultural heritage. *In XXI International CIPA Symposium, 01-06 October 2007, Athens, Greece*. *In http://cipa.icomos.org/text%20files/ATHENS/ FP114.pdf* (Consulta a 7 de Julho de 2010; 12h).

gráfica e avaliar o impacto crítico do uso das novas tecnologias[122]. Os participantes do acontecimento foram distribuídos em grupos de trabalho: a função da documentação em conservação de pintura mural, o processo de análise da documentação gráfica, a documentação digital com bases de dados e a avaliação crítica com os métodos tradicionais. O resultado do projecto, essencialmente focado nos sistemas de registo vectorial, materializou-se numa publicação, que é, certamente, um marco científico no tema[123].

Após a iniciativa do ICCROM verifica-se noutros grupos de trabalho, como é o caso do *International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage* (CIPA)[124], enorme avanço na divulgação das tecnologias de fotogrametria [125] e dos SIG no Património Cultural. É exemplo disso, o uso de um sistema combinado com fotogrametria, representação matricial, elaboração de imagens mosaico e SIG (*AutoCAD – MAP*) em pintura mural a fresco[126], assim como a aplicação recente em estudos arqueológicos, no Castelo de *Shawback*, na Jordânia, por meio do uso de ortofotografias, modelos 3D de baixa resolução (VRML[127]) e 2D/3D SIG, com o intuito de disponibilizar uma ferramenta aos arqueólogos, para armazenamento e gestão de dados[128].

---

[122] Vd. BUZZANCA, Giancarlo – GraDoc: un seminario dell´ICCROM sulla documentazione grafica. *Bollettino ICR. Nuova Serie*, n.º 3, (2001), pp. 132-134.
[123] Vd. SCHMID, Werner, ed. – *GRADOC: Graphic Documentation Systems in Mural Painting Conservation. Research seminar Rome 16-20 November 1999*. Roma: ICCROM, 2000.
[124] Vd. CIPA – International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage. *In http://cipa.icomos.org/* (Consulta a 5 de Julho de 2010; 12h).
[125] As referências mais antigas do uso da fotogrametria aplicada ao património cultural são de 1858, quando o arquitecto Albrecht Meydenbauer usa fotografias para documentar edifícios, convencido que as técnica fotogramétricas serviriam para reconstruir o património edificado em caso de destruição. Meydenbauer não foi só um inventor de sucesso da fotogrametria, mas também um pioneiro na documentação de património cultural. Vd. ALBERTZ, Jörg – Albrecht Meydenbauer – Pioneer of Photogrammetric Documentation of the Cultural Heritage. *In Proceedings 18th International Symposium CIPA 2001. Postdam (Germany), September 19-21, 2001.* Postdam: CIPA, 2001, pp. 19-25.
[126] Vd. ANASTASIOU, A.; [*et al.*] – Documentation of Frescoes and Mosaics – A Complete Approach. *In CIPA XVIIth International Symposium, October 3-6, 1999 Recife/Olinda, Brazil. In http://cipa.icomos.org/text%20files/olinda/99c303.pdf* (Consulta a 29 de Junho de 2010; 22h).
[127] VRML é o acrónimo para " linguagem para modelação de realidade virtual ". Em inglês a designação é *Virtual Reality Modelling Language*.
[128] Vd. DRAP, P., [*et al.*] – Going to Shawbak (Jordan) and getting the data back: toward a 3D GIS dedicated to medieval archaeology. *In Proceedings of the 3rd ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2009: "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures" Trento, Italy, 25-28 February 2009. In http://www.isprs.org/commission5/3darch09/* (Consulta a 5 de Janeiro de 2010; 23h).

Na prática, quando se efectua o registo gráfico em conservação de pintura faz-se a indicação de diversos fenómenos, todos eles passíveis de serem analisados com um sistema de informação geográfica. Nesse sentido, perfila-se que seja necessário ter sempre de apoio um sistema de acondicionamento e análise, do tipo dos SIG, não só como uma ferramenta de documentação ou registo, como frequentemente é visto, mas também como um Método de Exame e Análise.

Em modo de balanço, é fácil de concluir que a documentação, durante uma intervenção, é uma fase da vida do objecto. Se bem que possa ser feita de múltiplas formas e não haja modelos universais, constitui uma operação inquestionável e um elemento chave nos processos de Conservação. Contudo, na Conservação do Património, assim como noutras áreas de conhecimento, documentar é muito mais que compilar. É sobretudo uma acção cognitiva de interpretação dos dados, sejam eles provenientes de fontes directas, por observação da obra, de fontes bibliográficas ou procedentes de métodos de exame e análise.

2.5 A documentação com Varrimento Laser 3D

O varrimento *laser 3D*, um modo muito particular e de expressão recente, foi aplicado pela primeira vez em Património na década de 1970, pelo *National Research Council of Canada*. No âmbito da conservação é uma tecnologia que como a tomografia é uma das últimas fronteiras em matéria de registo e análise. E que, tal como o *LIDAR (Light Detection and Ranging)*, quando referido em Técnicas de Informação Geográfica (TIG), é um método de aquisição de informação por excelência de produção de MODELOS DIGITAIS DE TERRENO[129] (MDT).

[129] "Malha rectangular ou triangular de valores de altitude ou de profundidade, geralmente estimados através de métodos de interpolação espacial, a partir de uma amostra de dados originais observados. Os MDT são utilizados numa grande diversidade de aplicações, não só em topografia, hidrografia e sistemas de informação geográfica (por exemplo cálculo de declives, perfis ou volumes de terreno), mas também em modelos numéricos nas áreas da geofísica, oceanografia e engenharias". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 217.

Com objectivos semelhantes aos da fotogrametria, como o de efectuar levantamentos métricos e formais das superfícies, as aplicações gerais do varrimento *laser* são o resultado da tecnologia de ponta, comummente aplicado na produção indústria com instrumentação robotizada. Porém, a sua aplicabilidade não se confina somente a esses fins, permitindo um vasto conjunto de utilizações, como é o caso das reconstruções arquitectónicas, realidade virtual, da representação fiel de alçados em edifícios[130] ou reconstituições virtuais de objectos arqueológicos[131], entre outros.

O varrimento *laser 3D* é empregue numa enorme variedade de aplicações métricas. Consoante o fim a que se destina, pode ser compreendido em duas categorias[132]:

a) Nos sistemas baseados em triangulação óptica ou luz estruturada, passíveis de serem usados em análises sub-milimétricas e de curto alcance. É muito comum usar esta tecnologia em objectos históricos de pequena dimensão.
b) Nos sistemas de princípio LIDAR (*Light Detection and Ranging*), que produzem densas nuvens de pontos e que funcionam pela medição do tempo de voo do feixe (*time-of-flight*). Usam-se, por exemplo, para registo de objectos de larga escala (património edificado) e que estejam localizados até 500 metros de distância.

Constate-se que a utilização do *laser* implica sérios investimentos económicos em equipamento, assim como na formação dos operadores em programas informáticos específicos. Actualmente, na área de Património, sobretudo no imóvel e edificado, encontram-se muitos estudos em desenvolvimento para aperfeiçoamento de metodologias que fazem a ponte entre as Técnicas de Informação Geográfica – recentemente dita como GEOMÁTICA[133] – e o Património[134]. Saliente-se que, na presente

---

[130] Vd. o endereço electrónico, anteriormente indicado, da *CIPA*.
[131] Vd. as Actas das Conferências de *Computer Aplications in Archaeology* (CAA).
[132] Vd. BRYAN, Paul – User Requirements for Metric Surveys. In MACDONALD, Lindsay, ed. – *Digital Heritage. Applying Digital Imaging to Cultural Heritage*. Oxford, Burlington: Butterworth-Heinemann, 2006, pp. 149-173.
[133] “1. Neologismo que designa o grupo das ciências e áreas de actividade que se ocupam da aquisição e gestão de informação georreferenciada, bem como da representação. Neste sentido, comporta a Geodesia, a Topografia (incluindo a Fotogrametria), a Cartografia e as Ciências de Informação Geográfica. 2. Em sentido restrito, a aplicação das novas tecnologias, isto é, da Informática, àquelas ciências e áreas de

emergência da tecnologia, as aplicações em esculturas e em baixos-relevos têm sido frequentes, no entanto, a pintura de cavalete por ser tradicionalmente vista com um objecto bidimensional, não tem sido foco de muitas investigações com *laser*. Porém, ao reflectir-se no tema, na prática não é bem assim. No âmbito da análise espacial, o facto de ser possível, hoje em dia, aferir os equipamentos com melhor precisão, pelo desenvolvimento de *software* e algoritmos associados aos programas de análise e modelação, a realidade é bem distinta e muito trabalho pode ser feito em pintura para registo do relevo das superfícies.

Com a modelação digital de superfície (MDS) pode-se caracterizar a "textura" das superfícies pictóricas. A sua aplicação justificar-se-á nos casos em que as pinturas apresentem fenómenos particulares de superfície. Tais descontinuidades, quando analisadas em pormenor, podem contribuir para a análise de características singulares de pintores ou oficinas. Em Portugal, do ponto de vista conservativo, são inúmeras as obras do século XVI que sofreram abrasões da camada cromática, nalguns casos com perca total de vernizes originais e camada cromática original, passíveis de serem interpretadas com *laser* 3D. Na realidade, esta é uma questão técnica que no contexto da conservação nunca foi bem compreendida[135].

---

actividade". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 159.

[134] Ver, a título de exemplo, as diversas actas disponíveis *on-line* das conferências do Comité Internacional de Documentação do Património Cultural (CIPA), uma das comissões internacionais do Conselho Internacional dos Monumentos e Sítios (ICOMOS), criado em colaboração com a Sociedade Internacional de Fotogrametria e Detecção Remota (ISPRS). Vd. *http://cipa.icomos.org/* (Consulta a 6 de Outubro de 2008; 17h). Os documentos actualmente disponíveis são: *"Computers in Conservation", Quebec City 1992; CIPA symposium in Goeteborg, 1997; CIPA symposium in Olinda, 1999; CIPA symposium in Potsdam, 2001; CIPA symposium in Antalya, 2003; CIPA symposium in Torino, 2005; CIPA / VAST conference in Cyprus, 2006; CIPA symposium in Athens, 2007*. Acrescenta-se ainda outros documentos relevantes: *WG V/6 Workshop on "Processing and Visualization using High-Resolution Images", 18-20 November 2004, Pitsanulok, Thailand; WG V/5 "Panoramic Photogrammetry Workshop", 24-25 February 2005, Berlin, Germany; WG V/4 "3D-ARCH 05" Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 22-24 August 2005, Venice, Italy; WG III/3-4 V/3 "LASER Scanning 2005", 12-14 September 2005, Enschede, the Netherlands.* Estas indicações foram observadas a 6 de Outubro de 2008.

[135] Uma explicação possível é precisamente o facto de que muitos desses vernizes antigos, no século XIX, seriam ainda originais, e que para a sua remoção implicava recorrer-se a substâncias demasiado alcalinas, como foi, provavelmente, o caso da utilização da potassa (KOH). Na tentativa de remover todas as evidências de vernizes foto-oxidados, extremamente amarelados e originais, os restauradores de antigamente não hesitavam em utilizar substâncias extremamente agressivas quimicamente, até porque após a limpeza, os exímios restauradores-pintores da época camuflavam esses "gastos" com reintegrações cromáticas artísticas.

Provavelmente, as mais relevantes aplicações da tecnologia 3D em pintura ocorreram por volta de 1995, quando se utilizou a luz estruturada (*fringe pattern projection*) como uma das primeiras aplicações em pinturas antigas sobre madeira do século XII, a fim de efectuar-se um mapa topográfico da superfície e da medição de levantamentos de estratos cromáticos[136]. Em 1997, temos também indicação do processo para avaliar empenos de painéis sobre madeira, com o objectivo de fazer um levantamento do estado de conservação do suporte[137], e em 2002, noutro caso de estudo, aplicou-se na pintura da "Adoração dos Magos", de Leonardo da Vinci. O sistema usado, de luz estruturada, resultou da projecção de um padrão de luz em faixas verticais na superfície, alternadas entre branco e preto e da captura de imagem por meio de uma câmara de vídeo. Os dados foram processados e modelou-se a superfície [138]. Nesse levantamento caracterizaram-se as 10 tábuas verticais do painel de Leonardo, por meio de um dispositivo com RESOLUÇÃO ESPACIAL[139] de 0.27 mm (tamanho da célula), com o objectivo de conhecer em detalhe a morfologia da superfície, os empenos naturais do painel. Pretendia-se obter uma base de referência para posteriores monitorizações, assim como avaliar a evolução do seu estado de conservação. Nesse estudo, em algumas regiões analisou-se e produziu-se um mapa de deformações com uma resolução geométrica de 90 µm[140]. Mais recentemente utilizou-se o varrimento noutra pintura sobre madeira[141], num projecto[142] do Museu do Louvre, na "Mona Lisa" de Leonardo da

---

[136] Vd. BERTANI, D.; [*et al.*] – High-resolution optical topography applied to ancient painting diagnostics. *Optical Enginnering*, n.º 34, (1995), pp. 3837-3844.

[137] Vd. BREWER, A.; FORNO, C. – Moiré fringe analysis of cradled panel paintings. *Studies in Conservation*, 42, (1997), pp. 211-230.

[138] A utilização da luz estruturada pode também ser utilizada para caracterização da alterabilidade das superfícies pétreas. Nesses casos funciona como uma ferramenta de análise do exame de macro-profilometria. Sabe-se que foi aplicada no mármore Cretácico de alguns painéis da Basílica da Estrela, em Lisboa. Vd. FIGUEIREDO, Carlos; [*et al.*] – Mathematical morphology based image analysis and monument rock decay assessment: case studies. *In Informatique & Conservation-restauration du Patrimoine Culturel. 8es journées d´´etudes de la SFIIC, Chalon-sur-Saône, 23-24 Octobre 1997*. Champs-sur-Marne: SFIIC, 1997, pp. 261-271.

[139] "1. A menor área de terreno que um sistema de detecção remota é capaz de discriminar. 2. A dimensão mínima de um objecto, ou separação entre objectos contíguos, que a vista humana é capaz de perceber. Em cartografia, o valor de referência é de 0.2 mm". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 286.

[140] Vd. GUIDI, G; [*et al.*] – Painting survey by 3D optical scanning: the case of Adoration of the Magi by Leonardo da Vinci. *Studies in Conservation*, Volume 49, n.º 1, (2004), pp.1-12.

[141]Vd. TAYLOR, John; [*et al.*] – Examination of the Mona Lisa by High-Resolution 3-D Imaging. *In* MOHEN, Jean-Pierre; [*et al.*], ed. – *Mona Lisa. Inside the Painting*. Nova Iorque: Abrams, 2006, pp. 96-103.

[142]Não é referida a instrumentação utilizada, nem informações de carácter técnico, específico do sistema.

Vinci. Nesse caso, o sistema foi aplicado para caracterização morfológica do suporte de madeira e respectiva alterabilidade mecânica do suporte. Os trabalhos desenvolvidos pelo *Centre de recherche et de restauration des musées de France* (C2RMF) são referências de estudo na actualidade. Acrescenta-se ainda as investigações desenvolvidas em 2004 pelo supracitado Centro, em colaboração com o *National Research Council of Canada* (NRC), nas pinturas impressionistas de Renoir, onde se recorreu à utilização de um *laser* de alta resolução – *XYZ-RGB Portable Color Scanner*[143].

Em Portugal, sabe-se que foram efectuados dois ensaios com sistema *laser* em duas pinturas monumentais da Charola do Convento de Cristo, de Tomar[144]. Ambas as obras estão atribuídas, segundo a historiografia, à oficina quinhentista do pintor régio Jorge Afonso: "Ressurreição de Lázaro" (Figura 4) e "Entrada Triunfal de Cristo em Jerusalém" (Figura 5). Do ponto de vista técnico, utilizou-se o equipamento da *Faro LS®*, acoplado a um computador com *software* específico. Nesse programa procedeu-se ao tratamento dos dados (nuvem de pontos) e obteve-se, inclusive, uma imagem de reflectância da superfície com registo inédito do desenho subjacente. Os exercícios realizaram-se em duas fases distintas da intervenção de conservação. Numa primeira fase, testou-se o equipamento na pintura denominada "Entrada Triunfal de Cristo em Jerusalém". Esta obra, no momento do registo, estava apeada e junto a um dos nichos do deambulatório do lado da Epístola. Encontrava-se numa fase intermédia da intervenção de conservação e de restauro, após a limpeza química da superfície (remoção de vernizes e repintes) e antes da aplicação da camada protectora e do preenchimento de lacunas. Posteriormente, numa segunda fase, efectuou-se o mesmo processo na pintura "Ressurreição de Lázaro". Neste caso a intervenção de conservação estava concluída e a peça encontrava-se acondicionada no seu nicho, colocada aproximadamente à cota de três metros.

---

[143] Vd. CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES CANADA – Numérisation en couleurs, dans les trois dimensions et à haute résolution avec le scanneur 3D couleur portable de tableaux au Centre de recherche et de restauration des musées de France. *In http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/idp/iti/apropos/numerisation-tableau.html* (Consulta a 22 de Outubro de 2008; 16h).

[144] Vd. PIRES, Hugo; [*et al.*] – Novas fronteiras no registo e diagnóstico de pinturas retabulares. A utilização dos sistemas de varrimento LASER. *Pedra & Cal*, n.º 33, Janeiro, Fevereiro, Março, (2007), pp. 20-22.

Realça-se ainda a importância da localização das obras, a longa distância, o que permitiu fazer o registo sem tocar e manipular fisicamente os objectos, inclusive com uma das obras colocada no próprio nicho. O varrimento *laser* 3D da primeira peça fez-se com o enquadramento a meia altura da pintura (modo convencional), enquanto na "Ressurreição de Lázaro" fez-se com a peça a perfazer-se um ângulo de aproximadamente 30º entre o equipamento e o plano da superfície pictórica. Sublinhe-se que, em ambas as situações, se fizeram os registos na forma de nuvens de pontos. Quando visualizados no monitor os resultados da aquisição eles tiveram a particularidade de dar numa imagem de infravermelho (Figura 6).

O sistema utilizado, devido às particularidades técnicas do instrumento, emitia um feixe de 785 nm, na região do espectro electromagnético no comprimento de onda do infravermelho curto. Para além da modelação 3D, face à especificidade da radiação, obtiveram-se dois tipos de resultados originais: o desenho subjacente dos dois painéis (aproximadamente 22 m^2 de área pictórica registados em 8 minutos de varrimento) e as áreas de reintegração cromática[145].

No exercício da pintura "Entrada Triunfal de Cristo em Jerusalém" foi possível registar algumas das ideias verificadas inicialmente de modo empírico durante o processo de intervenção no suporte. Constatou-se a presença dos empenos mecânicos do painel e a tendência no seu movimento (Figura 7). Através do registo "hipsométrico" observou-se um ligeiro encurvamento do suporte para trás, na zona de hemiciclo superior, bem como um recuo na zona inferior direita. Com base nestas informações será possível prever a alterabilidade do painel a longo prazo e fazer a interpretação da evolução do estado de conservação.

Apesar de não se ter trabalhado os dados com uma precisão à escala do micrómetro, outra potencialidade do sistema está no registo das *linhas de referência* pictóricas, traçadas a ponta seca sobre a camada de preparação. Esta técnica é muito comum em pintura antiga e pode ser observada nalguns exemplos de pintura quinhentista

[145]O varrimento foi integralmente feito pela empresa Superfície, Lda. (Hugo Pires e Patrícia Marques).

portuguesa para o esboço das arquitecturas[146]. Também a título de exemplo, na obra de Caravaggio são conhecidas as marcações por incisão que este pintor utilizava regularmente com estiletes metálicos para obter um primeiro esquiço muito simplificado. Na pintura de "Judite cortando a cabeça de Holofernes", são visíveis esses apontamentos, feitos directamente sobre o preparo, antes da construção cromática[147].

Apesar de nesses casos o método tradicional de captura da imagem e das evidências de relevo ser conduzida com fotografia de luz rasante, seria extremamente contributivo aplicar este sistema de varrimento *laser* 3D, com uma resolução espacial de 10 µm nessas e noutras situações, a fim de documentar as particularidades tecnológicas das obras, quer seja em pintura sobre madeira, quer seja em pintura sobre tela. Assim, são várias as possibilidades de registo geométrico dos Bens Culturais, passíveis de gerarem novas formas de interpretação das superfícies, de inventariação tridimensional de colecções e acervos museológicos.

[146] A título de exemplo, veja-se num painel de António Nogueira a marcação de linhas de incisão em pavimentos e arquitecturas. Vd. CAETANO, Joaquim, coord.; [*et al*.] – Retábulo de Ferreira do Alentejo. Lisboa: IPCR, 2004, p. 50. Apesar de não estar documentado com bibliografia publicada, conhece-se, por nossa observação *in situ*, a presença de algumas linhas de referência na pintura da "Virgem e Apóstolos", do conjunto de pinturas do retábulo das "Tábuas da Charola".

[147] Vd. ZARI, Donatella; GIANTOMASSI, Carlo – Informe sobre el estado de conservación y la última restauración de "Judith cortando la cabeza de Holofernes". *In* MUSEU NACIONAL DEL PRADO – *Caravaggio, Michelangelo Merisi da, 1573-1610*. [S.l.]: Electa, 1999, p. 78. Leia-se, segundo os autores, que: "*Como en otras obras de Caravaggio, son visibles algunas finas incisiones; muchas de ellas, ya advertidas por Mahon, habían sido puestas de relieve por T.M. Schneider y K. Christianses. La posibilidad de observar la pintura después de la limpieza, una vez retirados los barnices, há permitido una identificación más precisa, aunque no completa del todo*".

3 MÉTODOS DE EXAME E ANÁLISE NA CONSERVAÇÃO DE PINTURA

3.1 Contexto Geral

Na Conservação, os Métodos de Exame e Análise são ferramentas que servem para caracterizar o "objecto patrimonial", dar a conhecer os seus materiais constituintes, informar acerca das suas tipologias tecnológicas, diagnosticar alterações e suas possíveis causas de degradação.

No documento de Copenhaga do ICOM (1984), por exemplo, onde se anotam linhas de referência da definição de profissão do conservador-restaurador, é muito explícita a importância da necessidade do exame técnico[148]. Tem por base um texto em alemão de Agnes Ballestrem, submetido como proposta de trabalho ao ICCROM e discutido pelo grupo de trabalho para a formação em "Conservação e Restauro" do ICOM-CC em Zagreb e em 1978.

Segundo Paolo Mora, Laura Mora e Paul Philippot, o "Exame" constitui o primeiro passo de uma acção de conservação. Para os autores, o processo desenrola-se segundo três parâmetros[149]:

a) O arqueológico, orientado para o estudo histórico;
b) O tecnológico, que se refere à estrutura e modo de produção da obra;
c) O estado de conservação, onde se estima a extensão das alterações da matéria.

---

[148] Vd. EUROPEAN NETWORK FOR CONSERVATION-RESTORATION EDUCATION – ICOM - Code of Ethics Copenhagen 1984. The Conservator-Restorer: a Definition of the Profession. *In* *http://www.encore-edu.org/encore/DesktopDefault.aspx?tabindex=1&tabid=191* (Consulta a 25 de Fevereiro de 2011; 15h).
[149] Vd. MORA, Paolo; [*et al.*] – *Conservation of Wall Paintings*. Londres: Butterworths, 1984, p. 17.

O "exame", dito de forma abreviada, ou o "exame científico", como aparece designado por Ana Calvo[150], visto de um modo genérico é uma operação basilar que deverá estar assente no espírito crítico e analítico. Em certa medida deverá ser uma operação que deverá estar a montante das intervenções, de modo a aferir questões de historicidade, de identificação da tecnologia da peça e da avaliação do estado de integridade física do objecto.

Se por um lado, à luz da experiência contemporânea, o "exame" for visto como algo rotineiro numa intervenção, por outro lado, é importante não esquecer que os processos de interpretação são bastante exigentes. À medida que diariamente o "estado da arte" dos exames em pintura ganha um *corpus* documental significativo, as dúvidas acumulam-se. Não menos importante é o facto de que as ferramentas de análise emergentes, cada vez mais transversais, estarem em rápido desenvolvimento no estudo das obras de arte[151]. A capacidade de examinar com ou sem instrumentação de ponta, para além do potencial de destreza manual, constitui uma das competências actuais do perfil de um conservador-restaurador.

Consoante a literatura técnica, os "métodos de exame e análise" podem ser classificados segundo as tecnologias de laboratório envolvidas nos projectos. Se são produzidas com equipamentos físicos ou por meio de processos químicos. Por exemplo, uma forma de os designar, segundo Ana Carmo (*et al.*), poderá ser como exames de "área" ou de

---

[150] Vd. CALVO, Ana – *Conservación y Restauración. Materiales, Técnicas y Procedimientos. De la A a la Z.* Barcelona: Ediciones del Serbal, 2003, p. 97.

[151] De uma vasta bibliografia aplicada à pintura, dão-se as seguintes referências para eventual consulta: MATTEINI, Mauro e MOLES, Arcangelo – *Scienza e restauro – Metodi di indagine*. Florença: Nardini Editore, 1984; HOURS, Madeleine - *Les secrets des chefs-d'oeuvre*. Paris: Robert Laffont, 1988; CABRERA ORTI, Maria Augustias – *Los Métodos de Análisis Físico-Químicos y la Historia del Arte*. Granada: Universidade de Granada, 1994; APPOLONIA, Lorenzo; VOLPIN, Stefano – *Le Analisi di Laboratorio Applicate ai Beni Artistico Policromi.* Pádua: Il Prato, 1999; KIRSH, Andrea; LEVENSON, Rustin S. – *Seeing Tthrough paintings*: *Physical Examination in Art Historical Studies*. New Haven.Londres: Yale University Press, 2000; MATTEINI, M.; MOLES, A. – *La Química en la Restauración. Los Materiales del Arte Pictórico*. Hondarribia: Nerea, 2001; GÓMEZ GONZÁLEZ, Maria Luísa – *La Restauración: Exame cientifico aplicado a la conservación de obras de arte.* Madrid: Cátedra, Cuadernos Arte, 2002; ROY, Ashok; DUNKERTON, Jill – Chemistry and Conservation: Changes in Perception and Practice at the National Gallery, London. *In Early Italian Paintings: Approaches to Conservation – Proceedings of a Symposium at the Yale University Art Gallery, April 2002*. New Haven, Londres: Patricia Sherwin Garland, 2003, p. 120-131; DOMÉNECH CARBO, Maria Terersa; YUSÁ MARCO, Dolores Julia – *Aproximación al análisis instrumental de pigmentos procedentes de obras de arte.* Valencia: Editorial Universidad Politecnica de Valencia, 2006.

"ponto"[152]. Este modo de caracterização, uma prática corrente nacional, vem no sentido do modelo sugerido por Taubert (1956), de exames em superfície e de exame pontuais[153] Aliás, esse modo de classificação, o que circulava no seio do laboratório central do Instituto José de Figueiredo (IJF) no final da década de 1980, não era de modo algum original, uma vez que estava assim também definido na obra de referência de Juliette Hours (1985)[154]. Se bem que no caso português não seja usual (até porque a bibliografia publicada técnica de MEAL é escassa), outra forma de se classificar os métodos poderá ser, por exemplo, segundo os sistemas de registo: técnicas de microscópio, de espectroscopia, de cromatografia, entre outras.

Se adoptarmos a linha de raciocínio de Hours e dos autores nacionais, os métodos de exames de área mais conhecidos na Conservação de pintura são os sistemas que fazem uso da radiação visível ou invisível. Trata-se de sistemas tecnológicos que envolvem recorrentemente o uso dos comprimentos de onda que vão desde os raios gama aos dos infravermelhos. Esses exames de área têm como principal objectivo gerar uma imagem visível dos objectos. O método mais corrente é a fotografia. Nesta classe de exames de área, além da observação à vista desarmada ou à lupa de aumento, também se pode incluir a radiografia, a auto-radiografia, a reflectografia de infravermelho, as fotografias técnicas (de infravermelhos ou de fluorescência da radiação ultravioleta, de luz rasante, macrofotografia) e o varrimento *laser 3D*. Também se poderá incluir neste primeiro grupo, as tecnologias de registo de IMAGEM MULTIESPECTRAL E HIPERESPECTRAL[155],

---

[152] Vd. CARMO, Ana M. M.; [*et al*.] – A investigação científica aplicada ao estudo das obras de arte – Resumo das actividades do Laboratório Central do Instituto de José de Figueiredo. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, n.º 28, série I, Junho (1987), pp. 51-56.

[153] Na literatura técnica portuguesa esta indicação está em CABRAL, João M. Peixoto – Exame Científico de Pinturas de Cavalete. *Revista Colóquio/Ciências*, n.º 16, (1995), pp. 60-83.

[154] Vd. HOURS, Juliette – *Les méthodes scientifiques dans l'étude et la conservation des oeuvres d'art*. Paris: Ministère de la Culture - École du Louvre, 1985.

[155] "Em ambiente de detecção remota a imagem multiespectral é uma certa banda de frequência, adquirida por sensores instalados em satélites ou aeronaves. Os sensores dizem-se multiespectrais ou hiperespectrais conforme utilizem, respectivamente, um pequeno ou um grande número de canais espectrais". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, pp. 176-177, 186. Algumas das aplicações em Património Cultural podem ser consultadas em: FISCHER, Christian; KAKOULLI, Ioanna – Multiespectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications. *Reviews in Conservation,* n.º 7, (2006), pp. 3-16; KUBIK, Maria – Hyperspectral imaging: a new technique for the non-invasive study of artworks. *In* CREAGH, Dudley; BRADLEY, David, ed. – *Physical Techniques in the study of art, archaeology and cultural heritage*. Oxford: Elsevier, 2007, pp. 199-255; GOLTZ, Douglas; [*et al*.] –

assim como as técnicas de processamento de imagem, eventualmente designadas de *digital imaging processing techniques*[156]. No caso particular da avaliação de curvas espectrais para a análise do fenómeno do metamerismo das cores poderá aparecer a terminologia *spectrum imaging*[157]. No entanto, no geral, esta última modalidade de estudo e todas as outras afins podem aparecer nomeadas como *imaging*[158].

Nas análises de ponto há também um vasto conjunto de técnicas. Assim, podemos ter, por exemplo: a microscopia óptica ou electrónica de varrimento, a análise de cortes estratigráficos e metalográficos, a análise de fibras têxteis, da madeira, dos líquenes, das peles, entre outros materiais; as técnicas espectroscópicas (microfluorescência de raios X, absorção no infravermelho, espectrometria de absorção atómica, Raman ou difracção de raios X); e as cromatográficas de camada fina, líquida ou gasosa. Por sua vez, essas análises de ponto podem ser com recolha ou não da amostra, destruindo-se eventualmente o material de análise durante ou depois do exame.

3.2 Terminologia

Como em qualquer outra área de conhecimento é fundamental ter-se terminologias coerentes. Os métodos de exame e análise não são excepção, e para que se desenvolva um bom processo de comunicação entre pares é necessário divulgação e debate científico. Uma forma possível de aferição das designações pode ser através da consulta de publicações e manuais de referência da especialidade.

Assessing stains on historical documents using hyperspectral imaging. *Journal of Culture Heritage*, n.º 11, (2010), pp. 19-26.

[156] Vd. DRUZIK, James R.; [*et al*.] – The use of digital image processing to clarify the radiography of underpainting. *Journal of American Institute for Conservation*, n.º 22, (1992), pp. 49-56; DOYLE, Laurance R.; [*et al*.] – The Application of Computer Image Processing Techniques to Artifact Analysis as applied to the Shroud of Turin Study. *Studies in Conservation*, n.º 31, (1986), pp. 1-6.

[157] BERNS, R. S.; IMAI, Francisco H. – The use of multi-channel visible spectrum imaging for pigment identification. *In 13th Triennial Meeting Rio de Janeiro Preprints*. Rio de Janeiro, Brasil: ICOM Committee for Conservation, 2002, pp. 217-222.

[158] Vd. LIE, Henry – Digital Imaging for the Study of Paintings: Experience at the Straus Center for Conservation. *In* FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, pp. 117-133.

Aliás, como refere Salvatore Lorusso, é frequente o uso não apropriado de termos no sector dos Bens Culturais[159]. No entanto, não obstante algumas dúvidas com o tema, os léxicos têm sido aferidos e têm sido esclarecidos nos dicionários técnicos[160], em glossários de livros[161] ou, como mais recentemente ocorre, disponibilizando-se na *Internet*[162]. Porém, quando a questão não está esclarecida, geram-se frequentemente problemas de falta de entendimento entre os especialistas. Isto porque tais designações e conceitos, nem sempre sugerem estar razoavelmente assimilados pela comunidade científica. De facto, as denominações anotadas são, consoante as fontes bibliográficas, por vezes, sujeitas a diferentes interpretações. Alguma dessa terminologia está estabelecida do vocabulário português, mas pelo motivo de não haver um glossário completo de referência nacional podem gerar-se problemas de ordem interpretativa.

Neste subcapítulo, de um vasto conjunto de termos, consideram-se apreciações de algumas designações que podem ser importantes para reconhecer alguns aspectos do contexto da presente tese. Ao nível do conceito explora-se a noção geral de "exame" e "análise". Aborda-se também algumas ideias acerca dos procedimentos de actuação nas pinturas, como sejam a "caracterização da técnica" e o "diagnóstico". E, além dos termos referidos, especificamente, no que diz respeito às técnicas de levantamento de informação referem-se quatro exemplos: "o registo fotográfico", a "fotografia de infravermelho", a "reflectografia de infravermelho" e a "radiografia".

---

[159] Vd. LORUSSO, Salvatore – Importanza della corretta terminologia nel settorte dei beni culturali anche in relazione al binomio arte-scienza. *Quaderni di scienza della Conservazione*, Vol. 1 (2001), pp. 77-83.
[160] Vd. GIANNINI, Cristina; ROANI, Roberta – *Diccionario de restauración y diagnóstico*. Donostia-San Sebastián: Editorial Nerea, 2008; CALVO, Ana – *Conservación y Restauración. Materiales, Técnicas y Procedimientos. De la A a la Z.* Barcelona: Ediciones del Serbal, 2003; XARRIE, Mireia – *Glossary of Art Conservation* I. Barcelona: Balaam, 2005; XARRIE, Mireia – *Glossary of Art Conservation* II. Barcelona: Balaam, 2006; XARRIE, Mireia – *Glossary of Art Conservation* III. Barcelona: Balaam, 2006.
[161] Vd. FARIES, Molly; [*et al*.] – Glossary. In FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, pp. 149-170.
[162] Vd. MUSEUM OF FINE ARTS – The Conservation and Art Materials Encyclopedia Online (CAMEO). Boston: Conservation and Collections Management Department of the Museum of Fine Arts (MFA). *In http://cameo.mfa.org/* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 21h); XARRIÉ, Mireia – TermDoc. Terminology/Documentation for Cultural Heritage. *In http://www.termdoc.org/* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 21h).

No Dicionário de Houaiss de Língua Portuguesa, "exame" é o acto de examinar ou de se fazer uma examinação[163]. Poderá ser também "uma investigação, análise, inspecção ou pesquisa minuciosa" e um método com que se descreve, caracteriza e compreende algo (um texto, uma obra de arte, etc.), com o objectivo de proporcionar uma avaliação crítica do mesmo[164]. Em relação à palavra "análise", o mesmo dicionário esclarece que se trata de "uma separação de um todo nos seus elementos ou partes componentes", "de um estudo pormenorizado de cada parte de um todo, para conhecer melhor a sua natureza, as suas funções, relações, causas, etc." [165]. Assim, de ambas indicações do dicionário depreende-se que "exame" ou "análise" possam ser sinónimos.

Se bem que ambas as palavras sugiram ser sinónimos, em Conservação o "exame" aparece frequentemente correlacionado com informações provenientes de equipamentos que operam por meio físico, enquanto a "análise", é normalmente associada à química. Porém, definir campos específicos de actuação para cada um deles (físicos ou químicos), poderá ser uma atitude difícil de concretizar, uma vez que o dicionário de referência associa ambos os conceitos a ideias semelhantes.

Em relação à "caracterização da técnica", entende-se aqui que deve ser vista como uma forma de apreciação do modo de produção da obra de arte. Está directamente relacionada com o estudo material e poderá também ser contextualizada na perspectiva da história das tecnologias. Na prática, as considerações sobre a "caracterização técnica" servem de modo interdisciplinar para estudos em conservação, para outros tipos de investigações e, em muitos casos, de natureza artística, especialmente como forma de interpretação do processo criativo.

---

[163] Vd. INSTITUTO ANTÔNIO HOUAISS DE LEXICOGRAFIA – *Dicionário de Houaiss de Língua Portuguesa*. Tomo II. Lisboa: Temas e Debates, 2003, p. 1659.

[164] Um exemplo de um "exame" é a radiografia. Trata-se de um sistema que faz uso da radiação X para obtenção de informações nas obras. Este permite conhecer a estrutura interna das pinturas, possibilitando fazer uma apreciação material das particularidades técnicas de produção da pintura, assim como indicar pormenores do estado de conservação.

[165] Vd. INSTITUTO ANTÔNIO HOUAISS DE LEXICOGRAFIA – *Dicionário de Houaiss de Língua Portuguesa*. Tomo I. Lisboa: Temas e Debates, 2003, p. 262.

No que concerne ao "diagnóstico", consiste no resultado das operações que têm em linha de conta a avaliação do estado de conservação. Para a produção de um diagnóstico, os conservadores-restauradores servem-se de um conjunto de meios, tais como a observação à vista desarmada ou com lupa de baixa ampliação, da observação dos registos fotográficos, radiográficos ou reflectográficos e, entre outros, das análises químicas.

O diagnóstico, por si só, não deve colocar para segundo plano a compreensão dos valores histórico-artísticos do objecto, e tem como objectivo final dar sempre um parecer sobre as condições materiais da obra. Após essa fase, é com base nessas percepções científicas que é elaborado o "Projecto de Intervenção". Contudo, deve-se ter presente que o "diagnóstico" não é um "levantamento". O "diagnóstico" para ser produzido serve-se, precisamente, dos diversos tipos modos de levantamentos e capturas de informação.

O "registo fotográfico" consiste em capturar imagens das obras. Dada a especificidade da área, a dos bens culturais artísticos, é possível obterem-se imagens diferentes das que se adquirem no quotidiano. Assim, sugere-se que para a devida clarificação das designações afectas aos diversos tipos de registos, depois da indicação do método, neste caso o fotográfico, deverá inscrever-se a palavra "analógica" ou "digital". Em algumas fontes bibliográficas de origem francófona, a designação "numérico" surge em vez da "digital", no entanto, trata-se do mesmo conceito. Em especial, no registo que implica a captura de imagem com radiação ultravioleta, útil para observação de heterogeneidades das superfícies picturais (visualização de repintes e de integrações cromáticas), a designação "registo fotográfico digital da fluorescência de ultravioleta" é uma opção. Noutros casos, não menos particulares, onde se faz uso das mais diversas técnicas digitais, poder-se-á, por exemplo, referir "registo fotográfico digital com luz artificial e rasante" ou "registo fotográfico digital com radiação no comprimento de onda do infravermelho".

Numa breve enumeração das metodologias de registo, relatada em vasta bibliografia, podemos começar por referir que a "fotografia de infravermelho" tem aplicações

ocasionais desde a década de 1930, mas só viria a demonstrar a sua verdadeira utilidade após divulgação da tese de Taubert´s (1956). Apesar do sistema analógico estar em desuso, para a produção de registos de infravermelho recorre-se a um filme sensível à banda do espectro específica dessa radiação. Nessas situações, pode-se colocar um filtro de gelatina ou vidro na objectiva da câmara e utilizar-se tempos de exposição elevados. Para evidenciar o desenho subjacente ou outras descontinuidades do tipo de repintes, a imagem obtida em tons de cinza pode ser contrastada pela revelação de laboratório, ou após digitalização, ser editada de modo digital, com aplicação de filtros de contraste em programa informático de tratamento de imagens.

A "reflectografia de infravermelho" é uma técnica bastante conhecida na conservação. Trata-se de um método de registo desenvolvido por J. R. J. van Asperen de Boer[166], que tem por base um sistema de visualização em circuito de televisão, com sinal analógico (Figura 8). Sobre a terminologia, a tradução directa da forma original não oferece equívocos de interpretação – *infrared reflectography*[167].

Perante o facto de, na actualidade, o sistema reflectográfico ser aplicado maioritariamente de modo digital e o acondicionamento da informação ocorrer em

---

[166] Vd. BOER, J. R. J. van Asperen de – Infrared Reflectograms of Panel Paintings. *Studies in Conservation*, n.º 11, (1966), pp. 45-46; BOER, J. R. J. van Asperen de – Infrared Reflectography: a Method for the Examination of Paintings. *Applied Optics*, n.º 7 (1968), pp. 1711-1714; BOER, J. R. J. Van Asperen de – Reflectography of paintings using an infrared vidicon television system. *Studies in Conservation*, n.º 14, (1969), pp. 96-118; BOER, J. R. J. Van Asperen de – *Infrared Reflectography. A Contribution to the Examination of Earlier European Paintings*. Amsterdão: Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, 1970; BOER, J. R. J. van Asperen de – Slowly Towards Improved Infrared Reflectography Equipment. *In* FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, pp. 57-64.

[167] O sistema, neste caso, é designado de tubo *Vidicon*. Uma das aplicações mais comuns dos tubos de raios catódicos (TRC) é a produção de imagens de televisão. Um TRC é uma espécie de válvula electrónica de grandes proporções. Consiste num tubo de vidro, com um canhão de electrões numa das extremidades. Tem algumas bobinas e grades para o ajuste do feixe de electrões e na extremidade oposta à do canhão, uma placa feita de material fotocondutor ou fotoemissor. O uso de um ou de outro material caracteriza o tipo de tecnologia de vídeo: *Orticon* que usa fotoemissão, *Vidicon* ou *Pumblicon* que usam fotocondução. Tratando-se de um sistema que utiliza feixes de electrões, importa referir que, por exemplo, no que diz respeito aos sensores *charge-coupled devices (ccd)*, o sistema é diferente. As câmaras que usam sensores *ccd* têm um dispositivo semicondutor capaz de converter sinais de luz visível em sinais eléctricos.

Vd. UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – O sistema de visão artificial. Captação de imagens. *In* *http://www.joinville.udesc.br/processamentodeimagens/captacao_de_imagens.html* (Consulta a 5 de Maio de 2008; 15h).

hardware de disco rígido, a denominação de "reflectografia digital de infravermelho" poderá ser a mais adequada. Nas situações do sistema de *vidicon*, em desuso, com gravação em fita magnética, a designação "reflectografia de infravermelho com registo em fita magnética" poderá ser uma opção a considerar. Em sistema misto, poder-se-ia adoptar-se a expressão "reflectografia de infravermelho com registo em fita magnética e tratamento de dados de modo digital"[168]. Este sistema, em relação ao sistema da fotografia com película, tem a particularidade de utilizar comprimentos de onda maiores, o que na prática se reflecte no atravessar de estratos cromáticos de maior espessura. Em algumas situações consegue trespassar, ainda que com dificuldades, camadas cromáticas de pigmentos verdes e azuis à base de cobre. É frequente que o resultado final deste processo apresente imagens com distorções esféricas, em "barril", que dificultam o processo de montagem em mosaico dos reflectogramas, principalmente, quando se quer documentar uma extensa área da pintura.

Em modo de contextualização, importa sublinhar que a utilização da radiação infravermelha é feita sobretudo no estudo técnico do desenho subjacente na pintura antiga. Para além dos dois sistemas convencionais conhecidos (fotografia com película sensível ao infravermelho e a reflectografia de infravermelho analógica ou digital[169]), depois da emergência dos sistemas digitais, temos a fotografia com sensores *CCD (charge-coupled device)* e outros.

O sistema de registo no infravermelho em digital pode também ser feito com câmaras fotográficas correntes, de sensor *CCD*, removendo-se mecanicamente os filtros interiores ou, nalguns modelos, fazendo-se uso de uma funcionalidade de determinadas câmaras que permitem a leitura em visão nocturna (*nightvision*). Pode-se referir que, actualmente em Portugal, o sistema é frequentemente utilizado.

---

[168] Ver sobre este método: WECKSUNG, G.; [*et al*.] – Assembly of infra-red reflectograms by digital processing using a portable data collecting system. *In ICOM Committee for Conservation, 8th Triennial Meeting, Sydney*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1987, pp. 107-109.
[169] Vd. BOMFORD, David – *Art in the Making – Underdrawings in Renaissance Paintings.* Londres: National Gallery Company, 2002, pp.10-25.

As primeiras aplicações conhecidas de fotografia digital com a banda do espectro infravermelho, em sistema de "visão nocturna", ocorreram nos painéis monumentais da Charola do Convento de Cristo, em Tomar, no ano de 2000[170]. Saliente-se também, posteriormente, os registos do *Tríptico de Pentecostes*, da Igreja de São Pedro de Miragaia, no Porto, com manipulação do equipamento fotográfico e remoção de filtros interiores do equipamento[171]. No momento em que é redigida a presente tese, a aplicação dos dois sistemas já se encontra parcialmente generalizada por parte de alguns conservadores-restauradores e das universidades, isto porque a tecnologia de sensores (ACTIVOS[172] e PASSIVOS[173]) aplicada à arte tem estado em franco desenvolvimento, e os canais de divulgação da *Internet* são muito profícuos à partilha de conhecimento. No entanto, novas tecnologias têm surgido e se afirmado, como é o caso do sistema originalmente desenvolvido por Duilio Bertani, com um sensor de matriz *Indium Gallium Arsenide* (*InGasAs*), que tem manifestado resultados excelentes no registo do desenho subjacente[174]. Na actualidade, veja-se no caso português, a aplicação do último método a um vasto espólio nacional, quiçá com algum desfasamento temporal com o panorama europeu, no estudo da pintura portuguesa de 1450-1550, por ocasião da exposição dos Primitivos Portugueses[175].

---

[170] Efectuado pelo autor no âmbito do Programa Operacional da Cultura (POC) no Estudo de pintura portuguesa quinhentista. Vd. SERUYA, Ana Isabel e PEREIRA, Mário, dir. – *Pintura da Charola de Tomar*. Lisboa: IPCR, 2004, p. 38.

[171] Aplicação efectuada por Luís Bravo, da Universidade Católica Portuguesa, Centro Regional do Porto. Apresentação pública proferida nas III Jornadas de Arte e Ciência – Estudo e Conservação da Pintura sobre Madeira, 3 e 4 de Junho de 2005.

[172] "Tipo de sensor de detecção remota baseado na emissão de um impulso de energia electromagnética e na análise do respectivo eco, após reflectido pelo alvo. Um exemplo de sensor activo é o radar". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 294.

[173] "Tipo de sensor de detecção remota que detecta e regista a energia irradiada, ou reflectida, pelo alvo. São exemplos típicos as câmaras fotográficas e os sensores multiespectrais de observação da Terra". IDEM, *Ibidem*, p. 294.

[174] Vd. BERTANI, D.; [*et al*.] – A Scanning Device for Infrared Reflectography. *Studies in Conservation*, n.º 35, (1990), pp. 113-116; BERTANI, Duilio – La Reflectografia Infrarroja. *In* FINALDI, Gabriele e GARRIDO, Carmen – *El trazo oculto*. Madrid: Museu Nacional del Prado, 2006, pp. 54-63.

[175] Vd. HENRIQUES, Ana Castro, coord. ed. – *Primitivos Portugueses 1450-1550. O Século de Nuno Gonçalves.* Lisboa: MNAA, Athena, 2010. A referida obra reveste-se de um carácter historiográfico textual relativamente denso, sem amplitude multidisciplinar. Afloram-se ideias já desenvolvidas em anteriores documentos, numa óptica redundante. A apresentação das imagens gerais e de pormenor de escala é feita de modo muito reduzido. Em particular, as reflectografias digitais de infravermelho são demasiado pequenas, informando pouco acerca das particularidades técnicas das obras.

Em relação à "radiografia", quando é digital a designação "registo radiográfico digital" poderá ser a mais adequada; e quando é analógica, sugere-se uma expressão abreviada do tipo de "registo radiográfico". Nas operações mistas, quando se utiliza a película radiográfica e se proceda à sua digitalização, poderá fazer sentido a expressão "registo radiográfico digitalizado".

Em suma, entende-se na presente tese que a noção de "exame" e "análise", da "caracterização da técnica", do "diagnóstico", do "registo fotográfico", da "fotografia de infravermelho", da "reflectografia de infravermelho" e da "radiografia" são conceitos estruturantes para o entendimento do presente estudo. Motivo pela qual se efectuou esta breve contextualização, dirigida particularmente a eventuais leitores menos familiarizados com a especificidade dos temas.

3.3 Referências Históricas sobre os Métodos de Exame e Análise

Segundo as fontes consultadas, os primeiros documentos que abordam a caracterização dos materiais nas obras de arte surgem no século XVIII, no âmbito de uma sessão da Sociedade de Antiquários, em 1774. Esse trabalho, da autoria de Alchorn, retracta aspectos específicos de duas espadas arqueológicas e alguns fragmentos[176]. Mais tarde, em 1809, Jean-Antoine Chaptal, dá notícia da identificação por análise química de alguns pigmentos provenientes de Pompeia[177]. Num trabalho de combinação da leitura de fontes documentais antigas e análise química, Humphry Davy, em 1815, identifica alguns pigmentos e expõe o processo de modo detalhado[178].

No ano de 1888, Friedrich Rathgen torna-se o primeiro químico a ter emprego num Museu, o Koniglichen Museen, em Berlim. É considerado o pai da moderna

[176] Vd. THE SOCIETY OF ANTIQUARIES OF LONDON – Archaeologia: or Miscellaneous tracts relating to antiquity. Volume 3. *In http://books.google.com/books?id=SVXoAAAAMAAJ&pg=PA355#v =onepage&q&f=false* (Consulta a 26 de Julho de 2010; 20h).

[177] Vd. CHAPTAL, Jean-Antoine – Notice sur quelques couleurs trouvées a Pompeïa. *Annales de Chimie*, 70, (1809), pp. 22-31. *In http://books.google.com/books?id=mydnnq8MUq8C&pg=PA28#v=onepage& q&f=false* (Consulta a 26 de Julho de 2010; 21h).

[178] Vd. DAVY, Humphry – Some experiments and observations on the colours used in painting by the Ancients. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, n.º 105, (1815), pp. 97-104.

conservação arqueológica por ter publicado a obra *Handbook of Conservation*, em 1898. Exerceu actividade como chefe do laboratório químico do museu até 1927, e criou a ideia na opinião pública de que a conservação na arqueologia pode ser uma ciência e uma profissão[179]. Em 1924, no Reino Unido, mais especificamente, no novo departamento científico de pesquisa do British Museum, inicia-se esse tipo muito específico de profissão, pelo químico Harold Plenderleith e por Alexander Scott[180].

Ainda no final do século XIX, Arthur Pillans Laurie, dá início a uma série de trabalhos que focam o estudo dos materiais e das técnicas utilizadas na pintura antiga. A primeira das obras publicadas, de 1895, tem como referência a publicação de A. H. Church, *The Chemistry of Paints and Painting* – como indica Laurie no seu prefácio –, aborda os processos laboratoriais de produção de pigmentos e aglutinantes e o modo de pintar a têmpera, a fresco, a aguarela e a óleo[181]. Em 1910, o mesmo autor publica dois livros: *Greek and Roman Methods of Painting* e *The materials of the painter's craft in Europe and Egypt: from earliest times to the end of the XVIIth century, with some account of their preparation and use.* No primeiro, faz comentários aos textos de Plínio e Vitrúvio que relatam assuntos da pintura mural e da pintura sobre madeira[182]. No segundo, uma densa publicação, faz referência aos materiais de pintura usados desde a antiguidade até ao século XVII, com indicações sobre a preparação dos mesmos e seu uso, consoante indicações de tratados antigos. As referências bibliográficas anotadas por Laurie no final da obra sugerem dar interessantes linhas de investigação para pesquisas sobre o tema[183]. Em 1926 é anunciado o volume: *The painter's methods & materials: the handling of pigments in oil, tempera, water-colour & in mural painting, the preparation of grounds & canvas, & the prevention of discolouration, together with the theories of*

---

[179] Vd. MARK, Gilberg – Friedrich Rathgen: The Father of Modern Archaeological Conservation. *Journal of the American Institute for Conservation*, Vol. 26, n.º 2, (Outono, 1987), pp. 105-120.
[180] Vd. THE BRITISH MUSEUM – History of the Department. *In http://www.britishmuseum.org/ the_museum/departments/conservation_and_science/history.aspx* (Consulta a 30 de Julho de 2010; 15h).
[181] Vd. LAURIE; A. P. – Facts About Processes, Pigments and Vehicles. A Manual for Art Students. London, 1895. *In http://www.archive.org/details/cu31924031302130* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 21h).
[182] Vd. LAURIE; A. P. – Greek and Roman Methods of Painting, Cambridge, Cambridge University Press, 1910. *In http://www.archive.org/details/cu31924016811006* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 21h).
[183] Vd. LAURIE; A. P. – The materials of the painter's craft in Europe and Egypt: from earliest times to the end of the XVIIth century, with some account of their preparation and use. *In http://www.archive.org/details/cu31924016809927* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 21h).

light & colour applied to the making of pictures, al described in a practical & non-technical manner. Este livro, segundo o autor, foi escrito para pintores e não para químicos ou produtores de materiais pictóricos. Constitui um extenso relato sobre as propriedades e as características dos materiais usados na pintura[184].

O termo "estudo técnico" aparece pela primeira vez em 1920 numa revista do departamento do *Fogg Museum – Technical Studies in the Field of the Fine Arts.* O director do museu, Edward Forbes, nessa década viria a dar uma indicação profética, onde afirmava que um dia uma escola técnica chegaria a ser estabelecida, talvez em Harvard, onde pintores, restauradores e outros elementos dos museus, aprenderiam química para conservar as pinturas, segundo verdadeiros princípios científicos[185]. Nove anos mais tarde, em 1929, surge a primeira tese de doutoramento em exames científicos de pinturas, elaborada por A. Martin de Wild. O mesmo autor viria a publicar um ano depois um texto sobre a análise de pigmentos dos pintores holandeses e flamengos, e sobre as radiografias das pinturas[186].

Através de análises espectroscópicas com emissão de ultravioleta, a maior redescoberta de um antigo pigmento aconteceu em 1941 com a identificação do amarelo de chumbo e estanho (*lead-tin*), por Richard Jacobi, no Instituto Doerner, em Munique. O aumento do uso de métodos de análise elementar para amostra de tinta – primeiro micro espectroscópico e depois as técnicas de que faziam uso da análise da energia, como por

[184] Vd. LAURIE; A. P. – The painter's methods & materials: the handling of pigments in oil, tempera, water-colour & in mural painting, the preparation of grounds & canvas, & the prevention of discolouration, together with the theories of light & colour applied to the making of pictures, al described in a practical & non-technical manner. *In http://www.archive.org/details/paintersmethodsm00lauruoft* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 21h).

[185] Vd. FARIES, Molly – Technical Studies of Early Netherlandish Painting: A Critical Overview of Recent Developments. *In* FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, p. 3.

[186] Vd. WILD, A. Martin de – The X-Ray Examination of Paintings. *British Journal of Radiology*, n.º 3, (1930), pp. 41-42. Nesta revista, faz-se nota no artigo de Mr. S. Kennedy North, *The Conservation of the King's Duccio*, da edição de Novembro da *Burlington Magazine*, na página 554, que as radiografias são essências para os estudos de autenticidade. Na edição de 1929 do mesmo periódico, n.º 2, página 47, surgem evidências da importância do uso das radiografias nas pinturas.

exemplo, a microanálise dispersiva no microscópio electrónico de varrimento – alertou os cientistas para os materiais pouco comuns nas amostras de pintura[187].

Na década de 1950, as pesquisas de Paul Coremans são pioneiras no estudo da pintura flamenga, dando início à aplicação corrente da radiografia e da fotografia de infravermelho nas obras de arte. Na génese desse pioneirismo parece estar a investigação feita às pinturas falsas de Vermeer, às obras do falsário Van Meegeren's[188], em que Coremans salienta a importância das análises laboratoriais no estudo das pinturas[189].

No ano de 1954, o novo jornal *Studies in Conservation* viria a publicar um artigo intitulado "The Adoration of the Kings" acerca das análises técnicas de uma pintura de Botticelli. O seu autor, que na altura desempenhava actividade de consultor e restaurador da *National Gallery,* foi Helmut Ruhemann. Provavelmente, este trabalho foi a primeira publicação a divulgar informações sobre técnicas de uma pintura italiana sobre tábua, da colecção da *National Gallery,* baseada em observações feitas durante a limpeza e o restauro[190]. Como nessa época, nos anos 50 e 60, os métodos instrumentais de análise e exame dos aglutinantes ainda eram incipientes, as investigações de pinturas tendiam para se concentrarem na paleta de pigmentos dos artistas, e não no estudo de eventuais fenómenos de alterabilidade dos materiais, com vista à sua conservação.

Em 1968, Hermann Kuhn, também no Instituto Doerner, publicou o primeiro estudo para identificar e distinguir duas variedades separadas de pigmento amarelo de chumbo e estanho. Esta acção só foi possível através do exame da estrutura cristalina desses

---

[187] Vd. ROY, Ashok; DUNKERTON, Jill – Chemistry and Conservation: Changes in Perception and Practice at the National Gallery, London. *In Early Italian Paintings: Approaches to Conservation – Proceedings of a Symposium at the Yale University Art Gallery, April 2002*. New Haven; Londres: Patricia Sherwin Garland, 2003, pp. 120-131.

[188] Vd. VERMEER CENTRE DELFT- Van Meegeren's Fake Vermeer's. *In http://www.essentialvermeer.com/misc/van_meegeren.html* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 22h).

[189] Vd. COREMANS, P. B. – *Van Meegeren's Faked Vermeers and de Hooghs. A scientific examination*. Amesterdão: J. M. Meulenhoff, 1949.

[190] *Vd.* ROY, Ashok; DUNKERTON, Jill – Chemistry and Conservation: Changes in Perception and Practice at the National Gallery, London. *In Early Italian Paintings: Approaches to Conservation – Proceedings of a Symposium at the Yale University Art Gallery, April 2002*. New Haven; Londres: Patricia Sherwin Garland, 2003, pp. 120-131.

pigmentos, com o uso da análise de difracção de raios X. O uso da técnica de cromatografia gasosa, primeiro aplicada a análises de aglutinantes na *National Gallery*, em 1960, foi aferida ao longo dos anos, e tornou-se particularmente poderosa em meados dos anos 80 quando acoplada ao espectrómetro de massa. Estas novas técnicas permitiram que o trabalho fosse feito com amostras pequenas, possibilitando a detecção de materiais de baixa concentração nas amostras, como por exemplo, o ovo e as misturas de óleo e as resinas adicionadas ao aglutinante oleoso de base. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento da microscopia de infravermelho por transformadas de *Fourier* (*FTIR*) fornecia informação adicional sobre a localização destes materiais nas camadas de amostras complexas[191].

Nos anos de 1970 e 1980, emergem as técnicas de reflectografia de infravermelho e, em particular, a datação das madeiras nos painéis de pintura por meio da técnica de dendrocronologia [192], e é por volta de 1984 que surgem as primeiras críticas fundamentadas com meios analíticos às controversas limpezas efectuadas pelos restauradores a determinadas obras[193].

No que concerne à análise de aglutinantes, exames feitos em 1985 a amostras de *Cima´s*, *Incredulity of St. Thomas* (1504) demonstraram que as sombras translúcidas de laranja acastanhado no manto auripigmento e realgar de São Pedro consistiam numa secreção de uma resinosa, formada através do resíduo da pirólise da resina. A identificação desses materiais e da sua complexidade química não poderia ser efectuada sem o espectrómetro de massa. A sua documentação ampliou significativamente a visão acerca da quantidade de materiais que podem ser aplicados em velaturas. De facto, a notável sensibilidade dos métodos de análise modernos nos últimos anos, quer físicos, quer os químicos, em particular a cromatografia gasosa acoplada a espectrómetro de massa (*GC-MS)*, permitiria o desenvolvimento de novas investigações analíticas, dando

---

[191] IDEM, *Ibidem*.

[192] Vd. KLEIN, Peter – Dendrochronological analyses of Netherlandish Paintings. *In* FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, pp. 65-81.

[193] Vd. KECK, Sheldon – Some Picture Cleaning Controversies: Past and Present. *Journal of the American Institute for Conservation*, n.º 23 (2), (March, 1984), pp.73-87.

hipótese aos químicos e aos conservadores-restauradores de estudarem com maior detalhe os efeitos dos métodos de limpeza com solventes nas pinturas[194].

Acerca de uma contextualização histórica dos Métodos de Exame e Análise em Portugal, podem-se anotar algumas referências bibliográficas, associadas, particularmente, às principiais instituições que desenvolveram acções na conservação.

Em 1885, o conservador do Museu Nacional de Belas Artes, Manuel de Macedo, começa por apontar - de modo incipiente, com o conhecimento técnico-científico da época - a distinção entre as duas vertentes que compõem a "arte-oficio" do restaurador: "a restauração e o retoque". Segundo ele, a "restauração" é um ofício, enquanto, "o retoque constitui a parte artística do *mester* de restaurador". Isto porque se exige talento de pintura, conhecimento das escolas e capacidade de adaptação à "maneira" do pintor. Por isso considerava tão difícil e perigosa esta operação[195]. Sobre as limpezas, Macedo, referia que se podiam fazer com os seguintes produtos e materiais: saliva, urina, água, lixívia, sabão, essência de terebintina, "espírito do vinho[196]", e meios auxiliares como pano para esfregar, boneca de algodão, raspadeira, cinza de charuto como abrasivo, por meio de "olho atento e mão leve".

A realidade da conservação é, em pleno século XXI, é bastante distinta da de Macedo. Não obstante um certo cariz arcaizante nas palavras de Macedo, estas fazem parte de um trilho científico traçado pelos restauradores do século XIX e XX. No final do século XIX, no Porto, um pintor menos conhecido, Manuel António de Moura, com créditos técnicos e deontológicos bem interiorizados, considerava como prática da sua intervenção que se devia conservar intacto tudo quanto estivesse em torno das lacunas. Exemplo desse rigor e espírito científico são os seus registos fotográficos de

[194] Vd. ROY, Ashok; DUNKERTON, Jill – Chemistry and Conservation: Changes in Perception and Practice at the National Gallery, London. *In Early Italian Paintings: Approaches to Conservation - Proceedings of a Symposium at the Yale University Art Gallery, April 2002*. New Haven; Londres: Patricia Sherwin Garland, 2003, pp. 120-131.

[195] Note-se a sobrevalorização do retoque em detrimento da limpeza, precisamente o contrário do que se pensa actualmente na conservação e restauro. Vd. MACEDO, Manuel de – *Restauração de Quadros e gravuras*. Lisboa; Rio de Janeiro: David Corazzi Editor, 1885, p. 6.

[196] A destilação do vinho resulta num álcool.

documentação pioneiros efectuados antes da intervenção do painel quinhentista flamengo *Fons Vitae*, uma obra da Santa Casa da Misericórdia do Porto, em 1890-1891[197].

Apesar do "tradicional" restauro de pinturas ser prática comum em Portugal desde o início do século XX, alguns estudos científicos muito pontuais foram feitos nas pinturas consoante as disponibilidades científicas e técnicas do país. A génese desse espírito científico parece dar-se sobretudo com alguns dos pintores de relevo, a quem eram atribuídas competências de conservação dos bens. A título de exemplo, podemos referir que José de Figueiredo, director do Museu Nacional de Arte Antiga, no início do século XX, reconheceu competências exímias de restaurador ao pintor Luciano Freire[198]. Posteriormente, alguns anos mais tarde, o director João Couto incumbia a responsabilidade da oficina e laboratório ao pintor Abel Moura. Enquanto, já na década de setenta e oitenta, entre 1969 e 1983, o Chefe de Oficinas da Divisão de Pintura viria a ser o pintor Manuel Guimarães Reys-Santos.

No contexto supracitado, importa salientar que Luciano Freire foi provavelmente um dos primeiros pintores em Portugal a afrontar a conservação de modo diferente, em relação aos pintores-restauradores tradicionais, introduzindo a noção de "beneficiação". As fontes bibliográficas indicam que demonstrava respeito pelas diversas particularidades das pinturas, interpretando-as e analisando-as "no seu todo", ainda que de feição incipiente e sem meios científicos, mas valorizando sempre o entendimento da "técnica do pintor". Esta era uma abordagem recente na época. Luciano Freire não se confinava a ser um restaurador tradicional. Na prática, tinha uma noção consubstanciada em algumas ideias já anunciadas por Afonso Vieira Lopes – um intelectual português, que teve a intuição e sabedoria de anunciar precocemente a noção de "princípio de intervenção mínima" – distinguindo-se Freire, por isso, dos artistas/restauradores

[197] Vd. ALVES, Luísa Maria Picciochi – Do empirismo à Ciência. Um Olhar sobre o percurso da conservação em Portugal do século XIX à actualidade. *Cadernos de Conservação e Restauro do IPCR*. Ano 4, n.º 3, (2005), p.16.
[198] Vd. FIGUEIREDO, José de – *O pintor Nuno Gonçalves*. Lisboa: José de Figueiredo, 1910.

oitocentistas[199]. Nos seus apontamentos podemos ler algumas referências acerca das zonas de pintura que tinha receio de intervir, em particular, nos retoques ou repinturas em bom estado de conservação. Segundo a sua opinião, apesar de ele ser um adepto da limpeza completa de sujidades, vernizes e da remoção de retoques e repintes, considerava algumas intervenções positivas, optando por vezes por mantê-las nas obras[200].

Luciano Freire, com os meios fotográficos que dispunha e com a colaboração de João Coutinho, no início da segunda década do século XX, e apesar de não ter sido pioneiro no uso da fotografia, teve a iniciativa de documentar uma pintura antes e depois de uma intervenção. Embora não tenha usado, por exemplo, a radiografia, atribuía grande importância à documentação fotográfica das suas intervenções [201]. Como pintor-restaurador, pode-se dizer que assumiu um papel de relevo, isto porque procurou consolidar os novos conceitos de “beneficiação” e “reintegração”, em detrimento de “restauração”, ultrapassado e praticado por indivíduos que ele designava de “repintadores”. A noção consistia em valorizar um respeito íntegro pela obra original, sentido de observação e valorização da lacuna, patente sobretudo nas intervenções de reintegração cromática.

É no início do século XX, sob a égide da Inspecção-Geral das Belas Artes, em 1912, que é criada a primeira oficina estatal para restauro da Pintura Antiga por José de Figueiredo. Este historiador, pelo que os seus textos atestam, foi um actor cultural que potenciou uma nova mentalidade científica dos estudos de arte[202]. Uma experiência que advinha das viagens que efectuava na época ao estrangeiro, principalmente, a Paris.

Por solicitação de Carlos Bonvalot, a primeira radiografia de pinturas em Portugal fez-se em 1923. No ano de 1928, no Porto, aparentemente sem saberem dos trabalhos de

---

[199] Vd. VIEIRA, Afonso Lopes – *Da Reintegração dos Primitivos Portugueses*. Lisboa: Edição dos Amigos do Museu Nacional de Arte Antiga, 1923.
[200] Vd. CRUZ, António João – Em busca da imagem original: Luciano Freire e a teoria e a prática do restauro de pintura em Portugal cerca de 1900. *Conservar Património*. n.º 5, (2007), pp. 67-83.
[200] Vd. IDEM, *Ibidem*, pp. 67-83.
[201] Vd. IDEM, *Ibidem*, pp. 67-83.
[202] Vd. FIGUEIREDO, José de – *O pintor Nuno Gonçalves*. Lisboa: José de Figueiredo, 1910.

Bonvalot, o médico radiologista Pedro Vitorino, em colaboração com o Roberto Carvalho (Professor de Radiologia da Faculdade de Medicina no Porto), começa a utilizar de forma sistemática a radiação X no exame das pinturas portuguesas dos séculos XV e XVI. Ambos foram influenciados pela visita ao laboratório especial do Louvre, onde na ocasião apreenderam as vantagens do método[203]. Entre experiências e incertezas em relação aos eventuais danos numa obra de arte, em Junho de 1934, é publicado por Pedro Vitorino, na revista *Portucale*, um registo radiográfico de uma obra de arte. Tratou-se de uma radiografia efectuada a uma pintura quinhentista sobre madeira, atribuída a Francisco Clouet, onde segundo o autor da radiografia está retratada a princesa Margarida de França[204]. Ainda no ano de 1934, no fascículo do último trimestre, de Setembro a Dezembro, Roberto Carvalho e Pedro Vitorino, publicam na mesma revista um texto sobre a radiografia do painel da *Trindade*, uma obra atribuída ao pintor Cristóvão de Figueiredo[205]. Segundo os autores, o processo radiográfico serve "como verificação da antiguidade e estado da pintura". Pedro Vitorino, além de apresentar a radiografia efectua uma interpretação semântica da imagem radiográfica. Refere que na radiografia da Tábua do Museu Municipal do Porto "se vê a integridade da pintura", onde "as manchas brancas são devidas a bocados de lacre existentes no verso da tábua" e nos mostra um quadro "sem qualquer retoque ou erosão notável"[206].

---

[203] Vd. CRUZ, António João – O início da radiografia de obras de arte em Portugal e a relação entre a radiografia, a conservação e a política. *Conservar Património*, n.º 11, Junho (2010), pp. 13-32.

[204] Vd. VITORINO, Pedro – A Tábua de Margarida de França e a sua Radiografia (Museu Municipal do Porto). *Portucale. Revista Ilustrada de Cultura Literária, Cientifica, e Artística*. Porto. Vol. VII, Janeiro-Abril, n.º 37 e 38, (1934), pp. 53-57.

[205] Segundo as autores, "são os quadros antigos pintados em madeira ou tela aqueles que reúnem as condições necessárias à obtenção de uma boa imagem radiográfica, mercê da transparência, aos raios, do suporte e do aparelho, bem como da opacidade relativa das suas tintas". Os mesmos investigadores, referem que as suas aplicações são ensaios do método científico baseados nos trabalhos do A. Chévron (Journal de Radiologie et d´Electrologie, Paris, 1921). Constate-se nesse texto a referência à revista *Mouseion*, "Bulletin de l´office international des musées", Paris, nº 7, Abril de 1929, onde se inseria uma nota do Dr. Chéron, apresentada à Academia das Ciências, em 1921, pelo Sr. Lippman, acerca dessa matéria. As vantagens do método de exame radiográfico nos quadros eram: " On peut espérer trouver para la radiographie un indicé sur l´âge d´un tableau et par conséquent sur son authenticité. Un autre résultat est de pouvoir mettre en évidence les transformations d´un tableau au cours des siècles. Malgré les restaurations les plus habiles, les modifications de l´artiste et ses additions peuvent être révélées. Vd. CARVALHO, Roberto ; VITORINO, Pedro – «A Trindade» do Museu do Porto, vista aos raios X. *Portucale, Revista Ilustrada de Cultura Literária, Cientifica, e Artística.* Porto. Vol. VII, Setembro-Dezembro, n.º 41 e 42, (1934), p. 172.

[206] Vd. IDEM, *Ibidem*, pp. 56-57.

Os primeiros apontamentos sobre pigmentos analisados nas pinturas remetem-nos para a década de 20, provavelmente em 1923, quando Carlos Bonvalot conseguira que Herculano de Carvalho, do Instituto Superior Técnico (IST), efectuasse a identificação por via química do preparo e dos pigmentos da pintura quinhentista da Igreja da Nª Sra. da Conceição em Cascais[207]. Porém, não foram obtidos resultados em relação aos aglutinantes e vernizes. Posteriormente, a primeira aplicação que se conhece acerca de estudos sobre cortes estratigráficos foi no decurso dos trabalhos de Fernando Mardel, o sucessor de Luciano Freire. Como pintor e restaurador, ao longo da década de 30, sabe-se que Mardel incrementava um trabalho consciencioso, tendo em conta a conservação dos elementos autênticos das pinturas, tentando utilizar métodos científicos para caracterização das técnicas pictóricas utilizadas pelos pintores. Presume-se que conjugava os dados históricos e artísticos com os fornecidos pela ciência experimental. Com a colaboração do Luís Quintela e de Herculano de Carvalho, do Instituto Superior Técnico de Lisboa, Mardel recorre à radiografia e à análise de micro amostras para o estudo material. Coloca em prática na pintura portuguesa o método comparativo, tendo como ponto de referência alguns estudos de pintura flamenga[208].

A primeira iniciativa que se conhece sobre a criação de um laboratório científico, deliberadamente vocacionado para o estudo de pinturas, nasce num pequeno espaço do Museu Nacional de Arte Antiga (MNAA), em 1936. Por acção do seu director, João Couto, e do seu colaborador de física, Manuel Valadares, foi instalado na época um pequeno laboratório, com um aparelho de produção de radiação X. Esse equipamento, tal como ainda hoje é visto, era considerado um instrumento científico muito útil na investigação das obras de arte. A constituição do laboratório foi o fruto do desenvolvimento crescente da actividade da conservação e também da emergente tomada de consciência da necessidade de defesa dos valores culturais. O referido director proporcionou, ainda, ao pintor Abel de Moura um espaço para efectivação dos

[207] Vd. INSTITUTO PORTUGUÊS DO PATRIMÓNIO CULTURAL – *Estudo da Pintura Portuguesa Antiga num relatório técnico* de 1932. Cadernos 18 (Documentação), Presidência do Conselho de Secretaria de Estado da Cultura. Lisboa: IPPC, 1981.
[208] Vd. ALVES, Luísa Maria Picciochi – *Op. cit.*, p. 19.

trabalhos de restauro[209]. Nessa oficina faziam-se trabalhos em obras de colecções particulares e de peças dos Museus e Monumentos Nacionais[210].

O gabinete de estudo viria a dar forma a algumas oficinas e posteriormente ao Instituto José de Figueiredo (IJF). Em 1965 edifica-se um "Instituto de Restauro em casa própria, especialmente construído para esse fim, caso único no mundo"[211]. Abel de Moura viria a ser designado como director do instituto, ampliando as instalações afectas ao restauro, dando apoio às diversas áreas e promovendo de modo pioneiro os laboratórios de investigação. Num artigo publicado em 1979, e reeditado em 2005, pelo Instituto Português de Conservação e Restauro (IPCR)[212], Abel de Moura refere que o IJF tinha o objectivo de coordenar diversas intervenções de conservação e de restauro em colaboração com os serviços dos Monumentos e a Direcção Geral do Património. Dessa maneira, ao instituto foram atribuídas competências técnicas para efectuar oficialmente acções de conservação. Os trabalhos feitos em obras de pintura, escultura e têxteis, provenientes de diversos Museus, Palácios e Monumentos, assim como de outras proveniências, desde que fossem consideradas de interesse para o Património Artístico Nacional, eram feitos nesse organismo. Nesse mesmo texto, o pintor Abel de Moura salienta as relações de carácter técnico e cultural com instituições similares de outros países. Essa cooperação foi inclusive materializada através de colóquios e reuniões internacionais, que viriam a dar origem a três importantes congressos da especialidade em Lisboa, nos anos de 1949, 1952 e 1972.

Os primeiros estudos publicados de laboratório despontam em 1974, produzidos por Luísa Maria Picciochi Alves, sobre a identificação de proteínas no políptico de S. Vicente de Fora[213]. Porém, a primeira nota de registo de uma análise química de um

---

[209] Posteriormente, com o aumento de obras entregues, viria a ter a colaboração de vários artistas, entre os quais os pintores Emérico Nunes, Manuel Bentes e Manuel Reys-Santos.

[210] Vd. REYS-SANTOS, Manuel – Abel de Moura evocado por Manuel Reys-Santos. *Cadernos de Conservação e Restauro do IPCR*, Ano 4, n.º 3, (2005), p. 6.

[211] Vd. COUTO, João – Aspectos actuais do problema do tratamento de pinturas. Lisboa: [S.n.], 1952, p. 31.

[212] Vd. MOURA, Abel de – Competências e atribuições do Instituto José de Figueiredo. *Cadernos de Conservação e Restauro do IPCR*. Ano 4, n.º 3, (2005), p. 7.

[213] Vd. ALVES, Luísa Maria Picciochi – Estudo da camada cromática (IV). *Estudo da Técnica da Pintura Portuguesa do século XV*. Lisboa: Instituto José de Figueiredo, 1974, p. 60.

aglutinante não proteico aparece somente em 1993, num estudo técnico da obra do pintor Silva Porto[214]. Os resultados apontados referem a presença específica do óleo de noz e linho. Constate-se que no "estado de arte" português desse assunto, as indicações acerca de aglutinantes são vagas e generalistas: indica-se somente "aglutinante proteico", "óleo secativo" ou "técnica mista", sem a anotação precisa do tipo material em causa. Mesmo na obra de *Nuno Gonçalves, Novos documentos, Estudo da pintura portuguesa do século XV*, editada em 1994, somente se apontam alguns dos pigmentos presentes nos painéis[215].

No ano de 1989 foram constituídos em decreto-lei os primeiros cursos superiores em conservação de Bens Culturais, a Escola Superior de Conservação e Restauro (ESCR) e o curso de Conservação e Restauro do Departamento de Arte e Arqueologia do Instituto Politécnico de Tomar (IPT). Com o apoio directo dos técnicos do IJF, estes cursos viriam a dar um impulso para a descentralização dos estudos científicos fora do organismo estatal de referência.

Como reflexo da maturidade de saberes da área, tome-se por exemplo a Tese de Doutoramento de Luís Morais Teixeira, de 1989, apresentada para obtenção do grau de Doutor em Arqueologia e História da Arte ao *Institut Supérieur d´Archéologie et d´Histoire de l´Art* da *Université Catholique de Louvain*, sob a orientação do Professor Roger Van Schoute, com o título "O retábulo manuelino do altar-mor da catedral de Viseu", e ainda a tese de Victor Manuel Flor Gaspar, em 2007, na Universidade Lusíada, sobre "A pintura quinhentista no Mosteiro de Ferreirim: parceria dos Mestres Cristóvão de Figueiredo, Garcia Fernandes e Gregório Lopes".

---

[214] Vd. CABRAL, João M. Peixoto; [*et al.*] – As características técnicas da pintura de Silva Porto. *In* HENRIQUES, Ana de Castro; HENRIQUES, Catarina Maia - *Silva Porto, 1850–1893. Exposição Comemorativa do Centenário da Sua Morte. Museu Nacional de Soares dos Reis*. Lisboa: Instituto Português de Museus, 1993, pp. 495-514.

[215] Vd. CRUZ, A. J. – Do certo ao incerto: estudo laboratorial e os materiais do políptico de S. Vicente. *In Nuno Gonçalves. Novos documentos. Estudo da pintura portuguesa do século XV*. Lisboa: IPM, 1994, p. 44. Nos resultados obtidos por Picciochi Alves verifica-se uma paleta quantitativamente restrita: branco de chumbo, vermelhão, azurite, malaquite, ocre, amarelo de chumbo e estanho, negro animal, um pigmento à base de cobre (subsiste a dúvida de ser um resinato), e um corante orgânico vermelho.

No ano de 2000, o IJF é convertido por lei orgânica (Decreto-Lei 342/1999) no Instituto Português de Conservação e Restauro (IPCR). Entre as várias iniciativas conduzidas por mérito de Ana Isabel Seruya – sobretudo, a implementação de um ritmo de publicações fundamental para o reconhecimento e divulgação da área – produzem-se duas obras de relevo no estudo de pinturas: "Retábulo de Ferreira do Alentejo" (2004)[216] e "As Tábuas da Charola" (2005)[217]. A primeira das obras, bem fundamentada, apresenta um modelo de compilação de textos de vários autores, semelhante à obra de "São Lucas" (1981)[218] e ao "Estudo da Pintura Portuguesa – Oficina de Gregório Lopes" (1999)[219]. A segunda das publicações expõe um modelo de estudo "integrado", semelhante ao estilo metodológico de texto dos boletins da *National Gallery*, de Londres. Entretanto, em nova estruturação operada pelo Ministério da Cultura, em 2007, ao abrigo do Decreto-Lei 97/2007 é criado no âmbito do Programa de Reestruturação da Administração Central do Estado (PRACE) o Instituto dos Museus e da Conservação (IMC). A instituição viria a assumir a designação de Departamento de Conservação, do Instituto da Conservação e dos Museus (ICM). Salientam-se, como fruto desse novo organismo, os trabalhos sobre "O retábulo flamengo de Évora" (2008/2009)[220] e os do "Tríptico de Santa Clara"(2010) [221]. É também de assinalar um trabalho recente, que reflecte uma larga aplicabilidade de métodos de exame e análise correntes, em particular, no estudo da obra de um conjunto de pintores com actividade no Norte de Portugal (Vasco Fernandes, Francisco Correia, João Glama Ströberlle, Pedro Alexandrino, José Resende, Aurélia de Sousa, Abel Salazar, Albuquerque Mendes, entre outros)[222].

---

[216] SERUYA, Ana Isabel; PEREIRA, Mário, dir. – *Retábulo de Ferreira do Alentejo*. Lisboa: IPCR, 2004.

[217] Vd. SERUYA, Ana Isabel; PEREIRA, Mário, dir. – *As Tábuas da Charola*. Lisboa: IPCR, 2005.

[218] Vd. INSTITUTO JOSÉ DE FIGUEIREDO – *S. Lucas retratando a Virgem*. Lisboa: SEC-IPPC, 1981.

[219] Vd. INSTITUTO JOSÉ DE FIGUEIREDO *Estudo da pintura portuguesa – Oficina de Gregório Lopes*. Lisboa: IJF, 1999.

[220] Vd. OLEIRO, Manuel Bairrão; [*et al.*] – O retábulo flamengo de Évora. *Cadernos de Conservação e Restauro*, nº 6/7 (2008/2009).

[221] Vd. BRIGOLA, João; [*et al.*] – O tríptico de Santa Clara. *Cadernos de Conservação e Restauro*, n.8 (2010).

[222] Vd. CALVO, Ana; CASTRO, Laura – *Através da Pintura: Olhares sobre a Matéria*. *Estudo sobre Pintores no Norte de Portugal*. Porto: Universidade Católica Portuguesa, CITAR, 2011.

Actualmente, em Portugal, o exame e a análise em pinturas de cavalete tem sido feito, com mais ou menos protagonismo, através três instituições de Ensino Superior[223]. Trata-se de organismos com laboratórios autónomos, onde se desenvolvem estudos técnico-científicos de carácter pedagógico. Tais cursos, que de momento têm a decorrer diversos mestrados e doutoramentos, conferem um panorama de afirmação pluralista com uma responsabilidade patrimonial abrangente[224]. De facto, em torno dos estudos acessórios à conservação, o processo metodológico científico tem sido naturalmente evolutivo, mas de modo moroso. Desde o espírito de "sensibilidade" dos pintores-restauradores (Luciano Freire, Carlos Bonvalot, Fernando Mardel, Abel de Moura, Reys-Santos, entre outros), à actual abordagem (que se deseja sempre mais assente em bases científicas), as universidades são, na entrada para a segunda década do século XXI, meios estratégicos para a evolução do domínio científico da Conservação. Fruto do trabalho produzido nos últimos anos e pela maturidade alcançada, começa a surgir a necessidade de criação de uma "Ordem Profissional", como apontam alguns autores, a fim de se poder aplicar o existente e responsável enquadramento jurídico[225].

Importa realçar que o conhecimento dos aspectos materiais nas pinturas são essenciais para a compreensão tecnológica das obras e esse saber só é solidificado à medida que são efectuadas intervenções de conservação do património. Actualmente, os estudos técnicos em pintura são elementos fundamentais para o conservador-restaurador e imprescindíveis para a caracterização da obra de arte.

O estudo técnico-científico nas acções de conservação (a montante e durante as operações) é fundamental para determinação e caracterização das alterações materiais.

---

[223] As respectivas licenciaturas são ministradas pelas seguintes instituições: Universidade Nova de Lisboa, Instituto Politécnico de Tomar e Universidade Católica Portuguesa. Acrescenta-se ainda, se bem que com limitações de ordem científica, uma diversidade de formações a nível técnico profissional, onde esporadicamente são feitos trabalhos com exames e análises.

[224] Na senda do desenvolvimento científico, o instituto que anteriormente servia de referência como "Escola do saber", hoje é, sobretudo, um elemento de apoio a algumas investigações, usufruindo ainda do privilégio estatal de efectuarem algumas iniciativas autónomas.

[225] Vd. ANTUNES, Fernando dos Santos – Conservação e restauro: sector da actividade económica *versus* domínio científico-tecnológico – uma realidade, uma ficção ou uma utopia? *GE–conservación,* n.º 1, (2010), pp.37-57.

O conhecimento obtido nessas análises permitirá – sem sombra de dúvida – efectiva projectos mais ajustados aos problemas que se coloquem no desenrolar das actividades.

Para contextualizar a evolução do teor da informação técnica obtida em Portugal, actualmente, apesar de serem poucos os trabalhos publicados, já é possível fazer-se um levantamento do "estado da arte" do tema. Tendo por base esse número de publicações diminuto, várias ilações podem ser feitas: os textos são maioritariamente de autores isolados, alguns pouco representativos das obras dos pintores em causa, efectuados sem análises comparativas e com graves lacunas em relação às indicações instrumentais para aquisição de dados. Do ponto de vista científico e metodológico, como são textos maioritariamente produzidos por um autor, revestem-se de alguma subjectividade, quando comparados com trabalhos científicos produzidos de outras áreas de conhecimento mais experientes, como sejam, por exemplos, o desenvolvido nas ditas "ciências exactas".

Contudo, no caminho de uma regular evolução científica, deve-se descobrir e correlacionar os estudos em Conservação com outros domínios de conhecimento. É nesse plano que a presente tese se pretende colocar, oferecendo uma nova linha de investigação e lançando novas fronteiras aos estudos com métodos de exame e análise.

4 FOTOGRAFIA E FOTOGRAMETRIA NA AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO EM ESTUDOS SOBRE O PATRIMÓNIO

Em modo de preâmbulo do capítulo, importa referir que a revisão bibliográfica de áreas tecnológicas em constante evolução (a fotografia, a fotogrametria ou os sistemas de informação geográfica) no decurso dos estudos revelou-se substancialmente extensa. Isso verificou-se tanto na consulta à literatura técnica publicada, assim como nas referências bibliográficas disponíveis no acervo da Internet. Portanto, de modo a tornar a investigação exequível, limitámo-nos ao "estado da arte" produzido e orientado para a temática do Património, em particular, ao da pintura.

4.1 Fotografia na Documentação do Património

Na conservação dos objectos de valor patrimonial é fundamental a prova fotográfica para validar os conteúdos de uma análise. A fotografia é o método por excelência da documentação e aquisição da informação.

Desde os trabalhos pioneiros de Luciano Freire, no início do século XX, nos Painéis de S. Vicente, a principal forma de documentação tem sido o uso da fotografia tradicional de película. No entanto, na década de noventa o sistema digital começa a ganhar protagonismo. A isso se deve o incremento do comércio de câmaras digitais, a diminuição dos custos associados aos equipamentos, o aumento das potencialidades dos computadores (*hardwares* e *softwares*) e a possibilidade do sistema em causa contribuir para melhorar a partilha da informação entre os utilizadores via *web*. Se bem que seja equacionável a importância do filme fotográfico, o paradigma actualmente instalado é o digital.

Pode-se também afirmar que as tecnologias evoluíram bastante a partir dos registos a preto e branco no espectro visível feitos às pinturas (luz rasante ou transmitida). Um exemplo, muito particular desse desenvolvimento, é o uso de imagens polinomiais, para melhorar a visualização das superfícies pictóricas, com o intuito de aumentar a perceptibilidade da textura das pinceladas nas pinturas[226]. Outros tipos de captação de imagem que recorrem a uma diversidade de comprimentos de onda são ainda os seguintes: a fotografia monocromática de sódio, as fotografias digitais e reflectografias com registo no infravermelho, as de fluorescência de radiação ultravioleta e os processos radiográficos[227].

Apesar dos fundamentos básicos para a elaboração de boas fotografias serem parcialmente os mesmos que os praticados pelos fotógrafos a filme, não obstante uma constante evolução, os sistemas digitais têm processos de captura semelhantes a esses mais tradicionais. Na prática deve-se ter sempre presente algumas noções básicas de fotografia: a regulação do diafragma, que regula a quantidade luz que entra na câmara e confere a "profundidade de campo, e o tempo de exposição.

É importante saber que quanto maior for a abertura do diafragma (f/2.8), menor será a profundidade de campo. Como é óbvio, o inverso também se verifica, e quanto menor a abertura do diafragma (f/22), maior a profundidade de campo – mais planos focados. O ajuste desses dois parâmetros define uma exposição equilibrada, ou seja, a qualidade da fotometria da fotografia. Se uma fotografia ficar sub-exposta é porque está mais clara do que o desejável e se ficar sobre-exposta, mais escura se apresentará no resultado final. Em ambos as situações, a fotometria está dependente da iluminância (quantidade de luz recebida por unidade de área do *CCD*/filme)[228].

---

[226] Vd. PADFIELD, Joseph; SAUNDERS, David – Polynomial texture mapping: a new tool for examining the surface of paintings. *In 14th Triennal Meeting, The Hague, 12-16 September 2005. Preprints*. Hague: ICOM, 2005, pp. 504-510. Vol I.

[227] Vd. INSTITUTO DOS MUSEUS E DA CONSERVAÇÃO – Exame de área aplicados à pintura de cavalete. *In http://www.ipmuseus.pt/Data/Documents/Laboratorio/Exame_de_%C3%A1rea.pdf* (Consulta a 15 de Dezembro de 2009; 15h).

[228] Vd. Apêndice III (Formulário).

As técnicas digitais são na actualidade essenciais para a divulgação do conhecimento (largo espectro). Além de permitirem a partilha de informação de uma forma extremamente rápida, outra das possibilidades é a de se poder processar ficheiros informáticos e poder gerar novos tipos de informação. Essa última capacidade constitui o modelo de trabalho da presente dissertação.

4.2 Métodos Fotogramétricos

A primeira noção que é importante considerar é a significativa diferença entre a fotografia e a fotogrametria. A fotografia é uma representação a duas dimensões de uma cena tridimensional. Enquanto, a fotogrametria aérea ou terrestre consiste num conjunto de processos que permite reconstruir à escala um espaço bidimensional ou tridimensional, com coordenadas cartesianas (X, Y, eventualmente Z), ou geodésicas (latitude, longitude e altitude).

Além da "fotogrametria" ser uma aplicação directa da matemática da geometria projectiva, etimologicamente significa medições da grafia pela luz. Esta leitura, deriva de uma palavra composta por *phos* (luz), *graphos* (grafia) e *metron* (medições)[229].

Segundo Maurice Carbonnell, a fotogrametria é uma área altamente científica que envolve matemática, geometria, óptica, fotografia e mais recentemente a computação e a electrónica[230]. Para a *American Society of Photogrammetry*, é a ciência e arte de obter informação de objectos físicos e do ambiente envolvente através de processos de registo, medição, e interpretação de imagens e padrões, por meio da energia electromagnética que é analisada e interpretada por fotografias[231]. Na prática, a técnica permite determinar a dimensão métrica e formal dos objectos, por análise das imagens capturadas, sejam elas obtidas por película ou por meios electrónicos[232]. No presente

[229] Vd. BRITO, Jorge; COELHO, Luís – Fotogrametria digital. Instituto Militar de Engenharia, 2002. *In www.efoto.eng.uerj.br/_media/doc:intro.pdf* (Consulta a 6 de Outubro de 2008; 19h).
[230] Vd. CARBONNELL, Maurice – *Photogrammétrie appliquée aux relevés des monuments et des centres historiques (bilingue)*. Roma: ICCROM, 1989, p. 117.
[231] Vd. WOLF, Paul R. – *Elements of Photogrammetry*. 2.ª ed. Singapura: McGraw-Hill International Editions, 1983, p.1.
[232] Vd. MACDONALD, L. – *Digital Heritage: Applying Digital Imaging to Cultural Heritage*. Oxford, Burlington: Butterworth-Heinemann, 2006, p. 173.

texto, entendemos "fotogrametria terrestre" e "fotogrametria de curto alcance" como se se tratasse do mesmo assunto; distinta da "fotogrametria aérea" (topográfica), um campo que não foi objecto da nossa análise e que tem as suas especificidades e aplicações distintas das que se podem efectuar em bens móveis patrimoniais. Contudo, importa referir que a fotogrametria tem sido, desde o seu aparecimento, uma ciência de medições precisas e de elaboração de mapas terrestres através de fotografias aéreas. Naturalmente, como noutras tecnologias científicas de ponta, teve como campo de primeira aplicação os motivos bélicos, na caracterização de linhas ofensivas e defensivas durante a segunda Grande Guerra. Desse modo, a técnica contribuía para o mapeamento e localização das molduras militares no cenário de batalha.

Dada a diversidade de aplicações fotogramétricas na actualidade, constate-se que a importância da fotogrametria faz com que ela tenha sido desenvolvida nas mais diversas áreas: na geografia, na cartografia, na meteorologia, na oceanografia, na astronomia, no património edificado, na arqueologia, na medicina, nas ciências forenses, entre outras.

Em primeira análise, uma sistematização tipológica exequível poderá ser a seguinte[233]:

a) Pela posição da câmara e distância do objecto (fotogrametria de satélite, fotogrametria aérea, fotogrametria terrestre, fotogrametria de curta distância e macrofotogrametria);
b) Tendo por base o número de imagens (fotogrametria de imagem singular; estéreo fotogrametria e fotogrametria de imagens múltiplas);
c) Através do método de registo e processamento (fotogrametria de *plane table*, fotogrametria analógica, fotogrametria analítica, fotogrametria digital, videogrametria, fotogrametria de panorama e fotogrametria linear);
d) Por meio da apresentação dos resultados (fotogrametria em tempo real, fotogrametria *off-line*, fotogrametria *on-line*);

Por área de aplicação ou especialidade, poder-se-à ter a seguinte classificação: fotogrametria arquitectónica, fotogrametria de engenharia, fotogrametria industrial,

[233] Vd. LUHMAN, Thomas; [*et al.*] – *Close Range Photogrammetry. Principles, Methods and Applications*. Caithness: Whittles Publishing, 2006, pp. 5-6.

fotogrametria forense, *biostereometrics, motography*, fotogrametria multimédia e *shape from stereo*[234].

Na fotogrametria aplicada ao património, as duas principais utilizações na documentação arquitectónica são o levantamento planimétrico (a duas dimensões), vulgarmente feito num processo de rectificação da imagem das fachadas, tendo em conta duas coordenadas (X, Y), ou a RESTITUIÇÃO [235] tridimensional, com três coordenadas (X, Y, Z).

Sobre a metodologia geral, após calibração da câmara, o primeiro estádio da fotogrametria é efectuar as fotografias. Estas, para terem precisão, devem ser de alta qualidade.

Os três principais factores a ter em conta para uma boa fotografia são: a profundidade de campo, o enquadramento e o tempo de exposição. No primeiro ponto, o da profundidade de campo, a abertura ou fecho do diafragma assumem uma importância fundamental. Quanto mais fechado for o diafragma, maior profundidade de campo terá a fotografia. Isto quer dizer que terá mais planos focados. Para fotografar objectos de arte, quando se trata de registar a curtas distâncias, deverá procurar-se no equipamento fotográfico o valor mais alto de diafragma. Em relação ao enquadramento, trata-se um parâmetro essencial para que os objectos estejam verdadeiramente em "campo", ou seja, dentro da área registável. No que concerne ao tempo de exposição, este parâmetro, quando relacionado com o diafragma, e uma vez que os objectos estão imóveis, permite fazer a medição de luz, a fotometria. Na prática, quanto mais fechado estiver o diafragma, com valores mais altos numéricos indicados no equipamento, menos luz entra na câmara, e como tal, terá que haver maior tempo de exposição. Para evitar que as imagens fiquem tremidas, em fotografia técnica, é obrigatório o uso de tripés estabilizadores.

---

[234] IDEM, *Ibidem*, p. 6.

[235] "O processo de construção de um modelo tridimensional do terreno, a partir de um par estereoscópico de fotografias aéreas". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, pp. 286-287.

O campo de visão ou campo angular da câmara fotográfica define o quanto ela vê e é calculado em função da distância focal da lente e do tamanho do sensor digital[236]. Para uma determinada lente, um sensor maior tem um campo de visão maior. A relação entre tamanho do sensor e distância focal é indispensável para determinar um bom campo da imagem. As lentes normais têm um ângulo médio de cerca de 50º, o que confere uma distorção aceitável da imagem (Figura 9). Como será fácil de depreender, se utilizarmos uma lente grande angular (Figura 10), mais convexa qua as normais, ela envolverá maior campo de visão, mas como resultado introduzirá maior deformação à imagem.

Genericamente, para obtenção de uma informação métrica de precisão é necessário conhecer os parâmetros geométricos da própia câmara (parâmetros de ORIENTAÇÃO INTERNA), que permitem informar acerca da geometria projectiva do feixe de raios luminosos no interior da câmara e no instante da obtenção da fotografia, relacionando o referencial da imagem com o referencial instrumental. Os parâmetros de orientação interior, dados pela distância focal, coordenadas do ponto principal e parâmetros de distorção da lente, são determinados por técnicas de CALIBRAÇÃO[237].

Após a obtenção do relatório de calibração da câmara fotográfica, faz-se a ORIENTAÇÃO EXTERNA[238]. Neste processo determina-se as coordenadas do centro de perspectiva, bem como a atitude do eixo óptico no instante da exposição. Essa parametrização é calculada pela posição da câmara *(X, Y, Z)* e a do eixo óptico ($\omega, \phi,$ ϛ).

Posteriormente faz-se a ORIENTAÇÃO RELATIVA [239] para elaborar um modelo estereoscópico ou de representação tridimensional. Caso seja necessário vai-se

---

[236] Vd. o Apêndice III (Formulário).

[237] "Operação destinada a determinar os erros ou a corrigir a escala de medida de um instrumento. Por exemplo, calibrar uma agulha magnética consiste em determinar a sua tabela de desvios". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 54.

[238] "Em fotogrametria, a determinação dos parâmetros que definem a localização e orientação espacial da câmara fotográfica, relativamente ao espaço-objecto, no instante da exposição". Extraído de IDEM, *Ibidem*, p. 235.

[239] "Em fotogrametria, a reconstituição das posições relativas das duas fotografias aéreas que constituem um par estereoscópico, nos instantes em que foram expostas. O processo é realizado com base num conjunto de pontos comuns a cada par de fotografias e, uma vez completo, permitirá observar o modelo estereoscópico tridimensional do objecto fotografado". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 235.

adicionando mais imagens e pontos até ser possível efectuar a restituição completa da obra num referencial arbitrário.

De seguida faz-se a ORIENTAÇÃO ABSOLUTA[240] do modelo através da fixação da escala e da associação a um sistema com coordenadas determinadas. Isso significa que, depois de termos criado uma primeira versão do modelo em 3D, pode-se adicionar a escala, rodar o modelo num dado sistema de coordenadas, adicionar mais detalhe, introduzindo mais elementos (pontos, linhas e superfícies) e melhorar a precisão da orientação. As operações de adição de escala e coordenadas fazem parte da orientação absoluta, mas também podem ser feitas simultaneamente ou então separadamente. Para adicionar a escala indicam-se dois pontos e o respectivo comprimento entre os pontos. Para posicionarmos e definirmos o sistema de coordenadas do objecto (X, Y, Z) temos duas hipóteses: define-se a origem e a direcção dos dois eixos ou selecciona-se três pontos e introduz-se as coordenadas do objecto para esses três pontos.

No processo de modelação fotogramétrica digital o fluxo de operações ocorre em duas fases. Enquanto num primeiro momento a orientação interna é dada pelo resultado da calibração, na segunda fase as restantes orientações (externa, relativa e absoluta) operam-se em bloco.

Na prática, para a modelação tridimensional é necessário efectuar uma cobertura fotográfica de imagens múltiplas, com as diversas orientações da câmara a perfazerem ângulos de convergência (Figura 11), permitindo posicionar e orientar as imagens[241]. No final de todo o processo, aos pontos e às linhas (em vista de *wireframe*), pode-se adicionar texturas, que no caso das pinturas são as imagens da obra nas suas múltiplas vistas. Com a vista frontal adicionada, é possível extrair, por meio de uma operação do programa informático, a vista ortogonal, ou seja, a ortofotografia[242]. Além dessa

[240] "Em fotogrametria, o processo através do qual a escala, posição e orientação espacial do modelo estetoscópio são fixados relativamente a um sistema de coordenadas, geográficas ou cartográficas, no espaço-objecto". Extraído de IDEM, *Ibidem*, p. 235.
[241] Ver em Apêndice II o exercício de calibração da câmara fotográfica *Sony Cibershot F-717* ®.
[242] Trata-se de uma fotografia onde se transforma uma perspectiva cónica de elementos de uma imagem numa perspectiva ortogonal.

valência específica do processo fotogramétrico, também se pode fazer a modelação do relevo, e a sua consequente integração de dados nuns SIG.

A marcação de pontos fotogramétricos referenciados na área pictórica, com coordenadas, leva ao conhecimento espacial das distâncias lineares, áreas e cotas. Com esses registos é possível analisar as superfícies, interpretando distâncias correlacionáveis. Desse modo, a identificação de pontos e áreas características das obras permitirá produzir mapas de superfície úteis para caracterização das obras. A título de exemplo, em pintura de cavalete, observe-se que ao se efectuarem estudos técnicos e analíticos das camadas pictóricas, como é o caso das amostragens para identificação de pigmentos ou aglutinantes, a verificação dos pontos e suas coordenadas, quando tais dados estiverem inseridos no sistema de informação, permite a validação do processo por outros intervenientes.

Entre as várias possibilidades, o conjunto de aplicações indicadas, conferirá a disponibilidade de armazenar uma quantidade significativa de dados segundo um modelo organizacional. Na prática, o método proposto poderá levar a uma nova forma de catalogar objectos, com "inventariações geométricas", que coloquem a documentação dos bens culturais num novo patamar tecnológico diferente do actual. E se resumissemos o conceito a uma expressão seria o da "Cartografia Digital".

4.2.1 Historicidade e Tipologias Fotogramétricas

Sobre o advento da fotogrametria, está documentado que o Coronel Aimé Laussedat (1819-1907) do Exército Francês é considerado o "pai da fotogrametria". Em 1846, começou por fazer desenhos a mão livre dos Pirenéus, a fim de elaborar uma cartografia. Na base desse processo está a utilização de um prisma de quatro faces designado de *camera lucida*. No ano de 1849, ele faz os desenhos da fachada do Hotel dos Inválidos e, em 1950, o mapa topográfico do Forte de Vincennes. Ao processo, o coronel Laussedat denominou-o de "iconometria". O processo consistia em fazer levantamentos utilizando uma câmara clara, acoplada a uma luneta sobre um tripé – o

iconoscópio. Em 1861, Laussedat faz o primeiro mapa de dimensões significativas para a época (200 hectares) da vila de Buc[243].

No que concerne à fotografia, as *Missions Héliográphiques* de 1851 são consideradas as primeiras iniciativas a utilizar o método em larga escala no património[244]. No âmbito das expedições documentais francesas, campanhas efectuadas por cinco fotógrafos franceses, organizadas pela Comissão de Monumentos Históricos, documentaram igrejas, fortalezas, pontes e castelos antigos, com o objectivo principal de acompanhar as acções de restauro coordenadas por Viollet-le-Duc[245]. Esta iniciativa, que decorreu da invenção da fotografia, veio contribuir para alterar o paradigma vigente do século XIX, quando para documentar o Património se utilizavam os desenhos, as gravuras e as ilustrações.

Após o conhecimento das experiências de Laussedat com a câmara fotográfica, em Paris, o arquitecto alemão Albrecht Meydenbauer (1834-1921) foi o pioneiro no uso da fotogrametria para levantamentos arquitectónicos. Foi o fundador e director do Instituto Fotogramétrico Real Prussiano, considerado o primeiro a usar o termo "fotogrametria" para denominar o levantamento de edificações. O seu primeiro trabalho, produzido em 1867, começou por ser o levantamento da Igreja do centro de Freyburg-on-Unstrut[246].

Segundo o levantamento feito neste estudo, em Portugal, os textos publicados em fotogrametria sugerem ser pouco divulgados. Salienta-se o livro de António Berberan, de 2003, estritamente focado para aplicações de informação geográfica[247]. Noutra obra, *Topografia Geral,* apresenta-se uma síntese de diversas disciplinas de foro topográfico. Entre vários temas faz-se nota dos seguintes: da Fotogrametria aérea, da Geodesia

---

[243] Vd. MACGLONE, J. Chris – Photogrammetry. *In* HANNAVY, John – *Encyclopedia of nineteenth-century photography*. Nova York: Taylor and Francis Group, 2008, pp. 1081-1082. Vol. 1.

[244] Vd. BOYER, M. Christine – La Mission heliographique: Architectural Photography, Collective Memory and the Patrimony of France. *In* SCHWARTZ, Joan M.; RYAN, James R. – *Picturing place: photography and the geographical imagination.* Londres: I. B. Tauris & Co Ltd., 2006, pp. 21-54.

[245] Os fotógrafos da iniciativa, depois de doze anos em que Louis Jacques Mandé Daguerre conseguiu fixar imagens na câmara escura, foram: Edouard Denis Baldus, Hippolyte Bayard, Gustave Le Gray, Henry Le Secq e O. Mestral.

[246] Vd. MACGLONE, J. Chris – Photogrammetry. In HANNAVY, John – *Encyclopedia of nineteenth-century photography*. Nova York: Taylor and Francis Group, 2008, pp. 1081-1082. Vol. 1.

[247] Vd. BERBERAN, António – *Elementos de fotogrametria: aplicada à aquisição de informação geográfica*. Mem Martins: Edição de autor, 2003.

Espacial, a Cartografia Matemática, a Fotogrametria e a Detecção Remota. Trata-se de um trabalho de teor marcadamente teórico, que reflecte poucos apontamentos de interesse prático. O capítulo VII, desse mesmo documento, de João Casaca e Miguel Baio, é dedicado especificamente à fotogrametria e à detecção remota. A matéria apresenta-se desenvolvida em vários subcapítulos: a fotogrametria aérea (câmaras aéreas, as foto coordenadas, as relações de colinearidade[248], os parâmetros da imagem, a determinação de alturas); o posicionamento fotogramétrico (pares e modelos estereoscópicos, a foto triangulação e as paralaxes); a fotogrametria numérica (estações fotogramétricas numéricas e a orto rectificação da fotografia aérea); as imagens numéricas (os radiómetros de imagem, alguns sensores mais conhecidos, as estatísticas das imagens, correcção radiométrica das imagens, correcção geométrica e cartográfica das imagens, e análise quantitativa das imagens)[249].

Importa destacar acerca do enquadramento recente da fotogrametria que alguns autores preferem designar a "detecção remota" como o principal sistema. Com base nessa perspectiva, a "fotogrametria" poderia estar enquadrada num dos seus múltiplos procedimentos. No entanto, para a *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (*ASPRS*), a Fotogrametria é um dos três campos possíveis de actuação, distinto da Detecção Remota e dos Sistemas de Informação Geográfica.

Se a "fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia para obter informações fiáveis dos objectos físicos e ambiente em torno através de processos de registo, medição e interpretação das imagens fotográficas e padrões de energia electromagnética e outros fenómenos"[250], a Detecção Remota são as técnicas utilizadas para recolher e processar informações sobre um objecto sem contacto físico directo, enquanto os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são os meios para gerir informação, capazes de codificar, armazenar, transformar, analisar e exibir informações geo-espaciais.

---

[248] "As relações de colinearidade reflectem a condição teórica de que a luz reflectida pelo ponto (A), propagando-se em linha recta, irá passar no centro da lente (F) e dar origem à imagem (a) do referido ponto, no plano focal. De facto, a realidade não é exactamente a que acabou de ser descrita, mas esta é uma boa base de partida para se modelar analiticamente a geometria da imagem e o seu relacionamento com o objecto". IDEM, *Ibidem*, p. 47.

[249] Vd. CASACA, João; [*et al*.] – *Topografia Geral*. 4.ª Ed., Lisboa: Lidel, 2004.

[250] Vd. ASPRS – The imaging & Geospatial Information Society. ASPRS Online. *In http://www.asprs.org/society/about.html* (Consulta a 8 de Outubro de 2008; 14h).

Para a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), a detecção remota é por excelência um conjunto de tecnologias onde é possível obter informações sem se efectuar contacto directo nas superfícies de estudo. Trata-se de um conjunto de meios científicos, constituído por um largo espectro de equipamentos tecnológicos, que tendo por base a interpretação da radiação electromagnética, permite caracterizar as superfícies. A aquisição desses dados implica uma análise e processamento da informação[251].

Na prática, sensores remotos são todos os equipamentos que transformam a radiação electromagnética num sinal passível de ser convertido em informação. Como exemplo comum, no âmbito do nosso estudo, as câmaras digitais e os sensores de varrimento 3D, são precisamente os dispositivos de captura de informação. Em síntese, a fotogrametria e a detecção remota constituem dois modelos científicos, que por via da captação da energia electromagnética é possível obter informações das superfícies. Todavia, alguns processos já bem conhecidos na Conservação de Pintura, como é o caso da reflectografia de infravermelhos, e mais recentemente, a termografia são também dois bons modelos de diagnóstico sem contacto[252].

---

[251] "*Remote Sensing in the most generally accepted meaning refers to instrument-based techniques employed in the acquisition and measurement of spatially organized (most commonly, geographically distributed) data/information on some property (ies) (spectral; spatial; physical) of an array of target points (pixels) within the sensed scene that correspond to features, objects, and materials, doing this by applying one or more recording devices not in physical, intimate contact with the item(s) under surveillance (thus at a finite distance from the observed target, in which the spatial arrangement is preserved); techniques involve amassing knowledge pertinent to the sensed scene (target) by utilizing electromagnetic radiation, force fields, or acoustic energy sensed by recording cameras, radiometers and scanners, lasers, radio frequency receivers, radar systems, sonar, thermal devices, sound detectors, seismographs, magnetometers, gravimeters, scintillometers, and other instruments*". Vd. SHORT, NICHOLAS – NASA's remote Sensing Tutorial. *In http://rst.gsfc.nasa.gov/* (Consulta a 15 de Março de 2008; 21h).

[252] Vd. AMBROSINI, Dario [*et al.*] – Integrated reflectography and thermography for wooden paintings diagnostics. *Journal of Cultural Heritage.* [S. l.]: Elsevier. Vol. 11, n.º 2, (2010), pp. 196-204. O presente trabalho trata de dois métodos, reflectografia e termografia, não invasivos. Ambas as técnicas operaram no espectro infravermelho, mas em diferentes bandas de comprimento de onda. Os dados obtidos permitiram mapear as anomalias de uma pintura sobre madeira do século XIII. O *software* desenvolvido para o projecto dava a possibilidade ao usuário de fazer uma análise num modelo semelhante ao dos SIG, por camadas e por sobreposição, concedendo também a capacidade de fazer ajustes da imagem, variação de transparências e analisar informação multi-espectral. Os dados obtidos foram validados no decorrer de uma intervenção de conservação e restauro, que se desenrolou no *Opificio delle Pietre Dure*, em Florença.

Desde o aparecimento da fotografia com Joseph Nicéphore Niépce, e o da fotogrametria por Aimé Laussedat, ambas as técnicas têm sido aplicadas sobretudo na cartografia. Contudo, com a chegada dos sistemas digitais as tecnologias começaram a ser habitualmente aplicadas em outras áreas: na arquitectura, na documentação de legados arqueológicos, entre outras. Face a esse incontornável paradigma, as novas ferramentas adquirem inegável importância na documentação do Património Cultural.

4.2.2 A Câmara Fotográfica para a Fotogrametria de Curto Alcance

Nos sistemas digitais a aquisição da imagem faz-se por sensores que detecção fotões. Desde os anos 70 que são conhecidos equipamentos de suporte sólido (não químico), designados em inglês de *solid state sensor*, onde os fotões, após incidência no dispositivo, são convertidos em sinal eléctrico. Da experiência adquirida sabe-se que esses sistemas apresentam boas propriedades geométricas e radiométricas. O mais vulgar é o sensor de CCD. Quando comparado com outros tipos de sensores, como os CID (*charge injection device*) e MOS (*Metal oxide semicondutor*), o dispositivo CCD – de sensor linear ou matricial – apresenta características de menor custo, menor ruído, melhor resposta ao *high dinamic range* e, em fotogrametria digital, excelente confiança para os projectos[253].

Segundo Paul Wolf, as fotografias podem ser classificadas em aéreas ou terrestres e as câmaras fotográficas também podem ser vistas desse ponto de vista. No caso das que são usadas em fotogrametria aérea pode-se ter uma subclassificação de câmaras de lente única, de multi-lente, de banda (*strip*) e panorâmicas[254]. No caso particular das câmaras de fotogrametria terrestre (*close range*), as possibilidades recaem no recurso a máquinas fotográficas produzidas intencionalmente para projectos fotogramétricos (com maior estabilidade geométrica) ou as de uso corrente e de baixo custo.

---

[253] Vd. SHORTIS, M. R.; BEYER, H. D. – Sensor technology for digital Photogrammetry and machine vision. *In* ATKINSON, K. B. – *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Dunbeath, Caithness: Whittles Publishing, 1996, pp. 106-155.

[254] Vd. WOLF, Paul R. – *Elements of Photogrammetry*. 2.ª Ed. Singapura: McGraw-Hill International Editions, 1983, p. 62.

Em relação às câmaras de fotogrametria terrestre, sabe-se que durante muitos anos o modelo *Wild P31 (LH Systems, LLC),* de filme de 4 a 5 polegadas com lentes substituíveis de várias distâncias focais foi o mais largamente utilizado na área. Na actualidade, este sistema está fora de produção. À época, esse equipamento de registo servia-se nos projectos fotogramétricos do apoio dos teodolitos[255]. No entanto, a tendência que se tem verificado é o recurso a câmaras não métricas, digitais, de uso amador, mais atractivas e acessíveis ao registo e produção de modelos 3D[256].

Modernamente, as câmaras digitais são alternativas viáveis e devem apresentar os seguintes requisitos[257]:

a) A DISTÂNCIA FOCAL[258] deve ser fixa;
b) O alcance da distância focal deve ser óptico (físico) e não interpolado;
c) Ter a possibilidade de escolher o tempo de exposição e a abertura do DIAFRAGMA[259];
d) A resolução do *CCD* (número de pixéis da grelha) deve ser a maior possível;
e) Para que se evite o ruído da imagem, o tamanho do *pixel* deve ser o de maior dimensão;
f) Ter possibilidade de se fazer o registo dos dados em vários formatos, por exemplo, com TIFF e sem compressões;
g) O de permitir o armazenamento (*storage*) da informação em cartões de memória.

[255] O teodolito é um instrumento óptico de medida, primitivo, utilizado na topografia, na geodesia e na agrimensura para realizar medidas de ângulos verticais e horizontais, usado em redes de triangulação. Basicamente é um telescópio com movimentos graduados na vertical e na horizontal, que é montado sobre um tripé centrado e verticalizado, podendo possuir ou não uma bússola incorporada.

[256] Vd. MIKHAIL, Edward M.; [*et al*.] – *Introduction to Modern Photogrammetry*. Nova Iorque: JohnWiley & Sons, 2001, p. 247.

[257] Vd. LINDER, Wilfried, – *Digital Photogrammetry. A Practical Course*. 2.ª Ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006, p. 6.

[258] "Representa a distância entre o centro óptico de uma dada lente e seu ponto de foco – o que está localizado no plano focal (*filme/CCD*). Nas câmaras fotográficas, haverá que ajustar correctamente a distância do plano focal, para que a equação das lentes seja satisfeita, isto, em função da distância ao objecto e da distância focal da lente". Extraído de BERBERAN, António – *Elementos de fotogrametria: aplicada à aquisição de informação geográfica*. Mem-Martins: Edição de autor, 2003, p. 31.

[259] "Em relação à entrada de luz, as lentas das câmaras fotográficas têm uma abertura que corresponde ao seu diâmetro. Através de um mecanismo de diafragma, essa abertura pode ser reduzida para valores determinados, designados correntemente e normativamente por *números-f".* Extraído de IDEM, *Ibidem*, p. 32.

Do ponto de vista organizacional e dos seus múltiplos componentes, uma câmara fotográfica digital deve ter presentes três funcionalidades principais[260]:

a) Ter um sistema físico que permita capturar a imagem (lente, filtro, CCD);
b) O de permitir a digitalização de uma imagem (amplificador e conversor analógico/digital);
c) Possibilitar o processamento da imagem.

Importa também considerar que, no que diz respeito a câmaras de alta resolução (*HDR*), diversos desenvolvimentos têm ocorrido desde o final dos anos 1980, época em que apareceu a Kodak Megaplus de 1320 x 1035 pixéis. Verificando-se, inclusive, por volta do ano 2000, o aparecimento de um dispositivo de aquisição de imagem panorâmica (*KST – Eyescan M2*), de registo a 360º com uma resolução de 54 000 x 10 200 pixéis[261]. Esta tendência, de produção de equipamentos acima dos 1000 x 1000 pixéis tem sido uma prática corrente dos fabricantes de câmaras fotográficas.

4.2.3 Programas Informáticos para a Fotogrametria de Curto Alcance

Os primeiros programas informáticos para fotogrametria eram alojados em computadores pessoais e serviam-se dos algoritmos da fotogrametria analítica. Isto significa que não foi necessário reinventar equações, como sejam as da colinearidade e coplanaridade. Correntemente, também eram designados de estações de trabalhos (*workstation*), sendo por vezes apetrechados com equipamento de visualização estereoscópica. Do ponto de vista da arquitectura dos programas, de modo a encontrarem soluções ajustadas aos modelos e a fim de procederem à modelação de

---

[260] Vd. LERMA, J. L. – *Fotogrametria Moderna: Analitico y digital*. 2.ª Ed. Valência: Ediorial Universidad Politécnica de Valência, 2002, p. 353.
[261] Vd. LUHMAN, Thomas [*et al.*] – *Close Range Photogrammetry. Principles, Methods and Applications*. Caithness: Whittles Publishing, 2006, p. 164.

cenas ou objectos, recorrem a primitivas geométricas (operadores de pontos, linhas, cilindros e planos)[262].

Sobre o fluxo de processamentos das imagens digitais no programa fotogramétrico, pode-se dizer que ocorrem segundo o seguinte modelo analítico: extracção de características (*feature extraction*), ajuste de imagens (*image matching*); determinação de PONTOS HOMÓLOGOS[263] (*tie point matching*) e reconhecimento de alvos. Um exemplo que aqui se pode dar, muito divulgado, é o do programa informático P*hotomodeler*^{TM}. Esse *software* é um produto da *EOS Systems*, e foi ensaiado e aplicado diversas vezes ao longo do trabalho da presente dissertação[264].

Apesar de haver vários programas informáticos comerciais disponíveis no mercado de uso gratuito, como o projecto brasileiro *E-foto*[265], ou os recentes desenvolvimentos baseados em sistemas que operam via *Web* (o *Autodesk Project Photofly*), o primeiro referido, o P*hotomodeler*^{TM}, talvez seja o mais comercializado. Uma vantagem desses programas é a aceitação de fotografias provenientes de câmaras calibradas e não calibradas (em que não se conhecem as suas propriedades geométricas).

Enquanto a rectificação das imagens é feita tendo por base uma fotografia, a modelação ou restituição fotogramétrica é feita com imagens múltiplas. Actualmente, para além do *Photomodeler*^{TM}, há um conjunto significativo de aplicações de fotogrametria que trabalham com imagens múltiplas: *Metigo*^{TM}*; Arpenteur*^{TM}*; Lisa*^{TM}; *3DM Analyst*^{TM};

---

[262] Vd. COOPER, M. A. R.; ROBSON, S. – Theory of close range Photogrammetry. *In* ATKINSON, K. B. ed. – *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Londres: Whittles Publishing, 1996, pp. 9-51.

[263] "Os mesmos pontos do objecto, localizados em duas ou mais fotografias, que foram efectuadas em diferentes posições". Extraído de LINDER, Wilfried – *Digital Photogrammetry. A Practical Course*. 2.ª Ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006, p. 204.

[264] Vd. Ver em Apêndice II especificidades do *software PhotoModeler*^{TM}.

[265] Acerca de programas informáticos para rectificação de imagens, veja-se: ASRix ou E-foto. Vd. FILHO, Orlando Bernardo; [*et al*.] – E-foto: Módulo de rectificação de imagens em uma estação fotogramétrica digital. *In Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 Abril 2005*. Goiânia: INPE, pp. 1167-1174. Neste artigo faz-se indicação dos vários módulos do programa informático "E-Foto" (licença livre de *software* GNU-GPL), em particular, de uma rectificação de uma imagem da Mona Lisa, por meio de uma transformação afim. O módulo de rectificação do programa está na versão 3.0. Mais informações ver em: E-foto - Uma estação fotogramétrica digital educacional livre sob a GNU/GPL. *In http://www.efoto.eng.uerj.br/doku.php?id=pt-br:start* (Consulta a 15 de Janeiro de 2011; 16h).

entre outros. Estes programas promovem a realidade virtual através do sistema monoscópico, ao contrário de outros que actuam por via estereoscópica. Isto significa que, no processamento de estímulos para promover essa realidade virtual, os métodos podem-se caracterizar de duas formas. No caso do modelo de monoscopia, a mesma imagem será exibida para os dois olhos. Enquanto no estereoscópico, cada olho verá uma imagem ligeiramente diferente. Como exemplo da segunda forma, pode-se referir a utilização de óculos especiais com lentes de duas cores, frequentemente, com uma azul e outra vermelha, utilizados para visualizações cinematográficas.

4.2.4 Princípios Matemáticos da Fotogrametria de Curto Alcance

Um princípio fundamental é que uma restituição da realidade com fotogrametria desenvolve-se através da compreensão da existência de um sistema cartesiano de coordenadas tridimensionais (x, y, z). A modelação, feita no mínimo com duas imagens, é precisamente a forma como os nossos dois olhos trabalham em conjunto para aferir distâncias percepcionar a profundidade (Figura 12). Quer seja em sistema terrestre ou aéreo, o princípio aplica-se am ambos os casos (Figura 13).

Na fotogrametria com câmaras fotográficas analógicas, os dois sistemas de coordenadas cartesianas estabelecem-se através da relação física entre os pontos no objecto e a grelha ou marcas fiduciais presentes da câmara métrica. No caso de se usar um equipamento não métrico, mas digital, a grelha de referência é constituída pelas linhas e colunas do sensor matricial.

A obtenção do modelo tridimensional em fotogrametria começa por uma condição essencial. Do ponto de vista matemático, a luz reflectida de um ponto (de um objecto) propaga-se em linha recta, atravessa a lente e dá origem a uma imagem desse ponto. Essa relação define um princípio de colinearidade e está na base de todos os desenvolvimentos fotogramétricos.

As EQUAÇÕES DE COLINEARIDADE[266]que dão o relacionamento de coordenadas *(x, y)* no plano da imagem e das coordenadas do objecto *(X, Y, Z)* são as seguintes[267]:

$$x = -c\,\frac{[r_{11}\Delta X + r_{12}\,\Delta Y + r_{13}\,\Delta Z]}{[r_{31}\,\Delta X + r_{32}\Delta Y + r_{33}\Delta Z]}$$

$$y = -c\,\frac{[r_{21}\Delta X + r_{22}\,\Delta Y + r_{23}\,\Delta Z]}{[r_{31}\,\Delta X + r_{32}\Delta Y + r_{33}\Delta Z]} \qquad (1)$$

No entanto, para o caso particular da fotogrametria de curto alcance (nosso contexto), mesmo que não se conheçam os pârametros da orientação interna e externa, pode-se recorrer à TRANSFORMAÇÃO LINEAR DIRECTA (*Direct linear transformation, DLT*). Trata-se de uma transformação baseada nas equações de colinearidade que permite modelar com imagens múltiplas, com câmaras amadoras e não métricas, sobretudo em objectos de pequenas e médias dimensões (fotogrametria industrial, arquitectónica, entre outras). Este modelo é uma solução linear de um problema não linear, como tal, implica aproximações. O método foi formulado, em 1971, por Abdel-Aziz e Karara[268].

As equações são as seguintes:

$$x = \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9\,X + L_{10}\,X + L_{11}Z + 1}$$

$$y = \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9\,X + L_{10}\,X + L_{11}Z + 1} \qquad (2)$$

onde (x,y) são as coordenadas da imagem num sistema arbitrário (*CCD*) de um ponto no objecto (*X*,*Y*,*Z*) e L_1 a L_{11} representam os parâmetros da transformação. Para a determinação dos 11 parâmetros DLT é necesário um mínimo de 6 pontos homólogos de referência.

[266] "Em fotogrametria, as equações de colinearidade estabelecem a relação entre as fotocoordenadas de uma fotografia aérea e as correspondentes coordenadas no terreno.Para localizar e orientar uma fotografia aérea são necessárias seis equações fotogramétricas". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 126.

[267] Vd. BERBERAN, A. – *Elementos de Fotogrametria*. Mem Martins: Gráfica Europam Lda., 2003, p. 161.

[268] Vd. ATKINSON, K. B. – *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Londres: Whittles Publishing, 1996, pp. 32–33.

Além do modo de representação anteriormente indicado, linearizando também pode ser reescrita da seguinte forma:

$$xL_9X + xL_{10}\,Y + xL_{11}Z + \; x - L_1\,X - L_2Y - L_3Z - L_4 = 0$$

$$yL_9X + yL_{10}\,Y + yL_{11}Z + \; y - L_5\,X - L_6Y - L_6Z - L_8 = 0 \qquad (3)$$

No caso particular da geometria de multiplas estações convergentes (*bundle adjustment*), efectuada com imagens obtidas à volta do objecto e com imagens negativas, é determinada pela seguinte equação de colinearidade:

$$x_{ij} = \frac{-c[r_{j,11}(X_{Oj}-X_i) + r_{j,12}\,(Y_{Oj}-Y_i) + r_{j,13}\,(Z_{Oj}-Z_i)]}{[r_{j,13}\,(X_{Oj}-X_i)+ r_{j,32}(Y_{Oj}-Y_A)+ r_{j,33}(Z_{Oj}-Z_i)]}$$

$$y_{ij} = \frac{-c[r_{j,21}(X_{Oj}-X_i) + r_{j,22}\,(Y_O-Yi) + r_{j,23}\,(Z_{Oj}-Z_i)]}{[r_{j,31}\,(X_{Oj}-X_i)+ r_{j,32}(Y_{Oj}-Y_i)+ r_{j,33}(Z_{Oj}-Z_i)]} \qquad (4)$$

A equação descreve a fórmula para uma das câmaras *(j)* que operam com várias estações, com uma organização espacial de configuração convergente[269].

4.2.5 Processos de Calibração em Fotogrametria de Curto Alcance

Em certas condições, de efectuar projectos de elevada exactidão, conhecer a geometria interna das câmaras fotográficas é um dos principais objectivos na fotogrametria terrestre. Para que se resolva esse problema, o processo consiste em calibrar o equipamento.

Segundo Karras (2001), apesar de serem colocados na documentação arquitectónica e arqueológica alguns obstáculos associados à distorção das lentes com câmaras não métricas, é possível em situações de precisão limitada usar equipamentos de baixo custo. Segundo o autor, pode-se fazer rectificações de 2D para 2D, em objectos planos, e de 2D para 3D, com a transformação linear directa (TLD), nos casos em que se quer calcular a profundidade. Nessas condições, de menor rigor fotogramétrico, o valor da

[269] Vd. IDEM, *Ibidem*, pp. 33.

distância focal é ignorado e, na prática, faz-se a focagem no infinito[270]. No entanto, em ambos os casos (o da rectificação e o do uso da TLD), a distorção radial (Δr) não é desprezada. Do ponto de vista óptico, a expressão da distorção radial da lente pode ser calculada pelo polinómio:

$$\Delta r = k_0 r + k_1 r^3 + k_2 r^5 \quad (5)$$

Onde k_0, k_1 e k_2 são constantes.

Se o objectvo for calcular os pontos *x* e y na imagem, as expressões são as seguintes:

$$\Delta x = \Delta r \frac{x}{r} = x\,(k_0 + k_1 r^2 + k_2\, r^4)$$

$$\Delta y = \Delta r\, \frac{y}{r} = y\,(k_0 + k_1 r^2 + k_2 r^4) \quad (6)$$

Os estudos demonstram que as propriedades geométricas de câmaras não métricas, apesar de revelarem alguma inexactidão, são insignificantes no cálculo da ORIENTAÇÃO INTERNA[271], por sua vez, insignificantes aquando da rectificação de imagens[272].

No âmbito da tese, antes da elaboração dos vários projectos fotogramétricos, efectuou-se um exercício de calibração com a câmara digital utilizada – a *Sony Cybershot F-717*®[273]. Em Apêndice II, descrevem-se os procedimentos de calibração com essa

[270] Vd. KARRAS, G. – Simple Calibration Techniques for Non-Metric Cameras. Proceedings of CIPA International Symposium 2001, Potsdam, Germany. *In http://portal.survey.ntua.gr/main/labs/photo/staff/gkarras/Karras_Cipa_2001b.pdf* (Consulta a 13 de Janeiro de 2010; 19h).

[271] "Em fotogrametria analógica, a operação que relaciona o sistema de fotocoordenadas de uma fotografia aérea com o sistema de coordenadas da câmara, permitindo reconstruir a geometria do feixe de raios luminosos no seu interior, no instante da exposição". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 235. O processo tem quatro fases e começa pela orientação interna e termina na absoluta. A sequência é a seguinte: orientação interna; orientação externa; orientação relativa; orientação absoluta.

[272] Vd. KARRAS, G. – Simple Calibration Techniques for Non-Metric Cameras. Proceedings of CIPA International Symposium 2001, Potsdam, Germany. *In http://portal.survey.ntua.gr/main/labs/photo/staff/gkarras/Karras_Cipa_2001b.pdf* (Consulta a 13 de Janeiro de 2010; 19h)

[273] Segundo Chandler (2005), há um conjunto de máquinas digitais de baixo custo com capacidade para avaliações métricas de curto alcance. Nesse quadro de estudo, segundo o autor, temos: a *Sony DSC-P10*™, a *Olympus C3030* ™, a *Nikon Coolpix 3100*™ e a *Kodak DCS460*™. Nessa apreciação a câmara

máquina fotográfica de corrente uso (não métrica). O exercício tem a particularidade de ter sido feito com multi-imagens, e com uma folha de teste impressa, disponibilizada no programa informático de calibração. Na prática o processo tem como objectivo produzir um "relatório" da câmara, que inclua uma análise das distorções da lente e da propagação dos feixes na geometria interna. Como resultado dessa análise temos a informação da distância focal equivalente, da distância focal da câmara, da distorção média radial da lente, da distorção tangencial da lente, da localização do centro de colimação em relação ao sistema de foto coordenadas, dos desvios do plano focal em relação a uma superfície rigorosamente plana e dos parâmetros que caracterizam a resolução espacial do sensor.

Nessa fase de calibração, o material utilizado foi o seguinte: uma câmara fotográfica, um tripé e uma folha de papel com a impressão de um padrão de calibração específico do programa informático (Figura 14). Em geral, as etapas da calibração são: o planeamento e a execução da cobertura fotográfica, a colocação da folha numa superfície plana (pavimento horizontal ou parede vertical) e o registo fotográfico da folha de calibração.

Importa chamar a atenção das condições em que se devem fazer a calibração:

a) A distância focal fixa e resolução das imagens devem ser as mesmas dos registos no projecto fotogramétrico;
b) As fotografias devem ser tiradas de modo a que a grelha padrão ocupe toda a imagem, estando a uma distância idêntica aquela que será utilizada para fotografar o objecto;
c) Depois de se ter realizado a cobertura fotográfica da folha calibração, procede-se à importação das imagens para a aplicação informática e processa-se o cálculo da calibração;

da *Sony* demonstrou melhor precisão. Vd. CHANDLER, Jim H.; [*et al.*] – Metric capabilities of low-cost digital cameras for close range surface measurement. *The Photogrammetric Record*, Vol. 20, n.º 109, (2005), pp. 12-26.

d) A quantidade de fotografias feita à folha de calibração e o ângulo de inclinação da câmara com o plano dependem do tipo de programa utilizado no processo;
e) Com algumas grelhas devem-se tirar pelo menos oito fotografias.

Em Apêndice I (Imagens), mostra-se o relatório/certificado de calibração obtido para a câmara fotográfica digital *Sony Cibershot F-717* (Figura 15).

4.2.6 A ortofotografia

No caso geral, as imagens fotográficas, principalmente as aéreas, as que são utilizadas em modelação geográfica, incorrem em deformações geométricas que advêm da perspectiva cónica. A isso se devem três factores: o facto da imagem fotográfica ser uma projecção central; a localização ou posição espacial da câmara, e ao relevo da superfície registada (Figura 18). Se uma imagem não tivesse deformações, as relações de escala[274] seriam uniformes em toda a área de registo, possibilitando o uso da informação métrica. Nesse caso, quando se consegue aferir esse problema geométrico, por via de processos fotogramétricos, pode-se produzir uma ortofotografia. No contexto de investigação aplicada da presente dissertação, entende-se que a ortofotografia é um documento base num processo de documentação e análise espacial.

A ortofotografia é uma imagem semelhante à que resultaria de uma vista da perspectiva paralela à superfície, segundo uma direcção vertical[275], como se tratasse de uma vista ortogonal, planimetricamente "correcta". A importância da sua produção reside na possibilidade de ser usada como mapa para medir distâncias, ângulos, posições e áreas, o que, naturalmente, não pode ser feito com imagens em perspectiva[276].

[274] Em cartografia, a escala é determinada pela altura média de voo (acima do terreno) e a distância focal da câmara fotográfica. Vd. Apêndice III (Formulário).
[275] Vd. CASACA, J.; [*et al.*] – *Topografia Geral*. Lisboa: Lidel, 2000, p. 259 e 280.
[276] Vd. WOLF, P. R. – *Elements of Photogrammetry*. 2.ª Ed, Singapura: McGraw-Hill International Editions, 1983, p. 324.

O processo de elaboração da ortofotografia pode designar-se por ortorrectificação, ortoprojecção ou rectificação diferencial[277]. Em todo o caso, por outras palavras, pode-se dizer que a ortorrectificação e os outros dois modelos são transformações que têm como objectivo eliminar a perspectiva de uma imagem. No caso de termos uma imagem fotográfica em suporte físico, a primeira etapa da ortorrectificação é converter a imagem em formato matricial por meio de uma digitalização com *scanner*[278]. Note-se que essa imagem em ficheiro JPEG, proveniente de uma câmara digital, por si só, é um *raster*.

Na primeira situação, teoricamente mais simples, faz-se a ortorrectificação das imagens fotográficas com um ajuste dos pontos no espaço, por meio de rotação ou distorção. Trata-se de uma técnica muito utilizada na produção de ortofotografias de superfícies planas (fachadas de edifícios, pinturas, caso se considere que as superfícies são de facto planas e não apresentem empenamentos), aplicável às pinturas (suporte de tela, de madeira, folha metálica ou mural). A denominação de “levantamento planimétrico” também pode ser adequada nesta tipologia de exercício. Isto porque, ao trabalhar somente com dois eixos (*x*,*y*), num plano da superfície (2D), suprime-se a informação métrica das coordenadas do eixo da terceira dimensão (*z*). Esse levantamento indicado pode ser feito de duas formas: por meio de um conjunto de transformações geométricas (afim, isogonal, polinomial, projectiva) ou através do princípio da colinearidade.

A transformação afim consiste em ajustar de modo paramétrico três pontos não colineares do sistema de coordenadas iniciais, calculando coeficientes de transformação (*a0*, *a1*, *a2* e *b0*, *b1*, *b2)* entre a imagem inicial e a final.

$$x = a\,0 + a1.x' + a2\,.y'$$
$$y = b0 + b1.x\,' + b2.y \qquad (7)$$

[277] Segundo o Instituto Geográfico Português, trata-se de um processo fotogramétrico que tem como dados de entrada os fotogramas ou imagens orbitais e o modelo numérico altimétrico do terreno e tem por objecto gerar imagens com características métricas próprias da Cartografia. Vd. INSTITUTO GEOGRÁFICO PORTUGUÊS - *Cartografia e ortofotocartografia à escala 1:2 000; Normas técnicas de produção e reprodução*. Lisboa: IGP, 2006, p. 7.
[278] Vd. CASACA, João; [*et al.*] – *Topografia Geral.* Lisboa: Lidel, pp. 323-325.

Na fórmula x e y representam o sistema de coordenadas da imagem final, e x' e y' as coordenadas da imagem inicial.

Convém fazer nota que, segundo a experiência de Lodeiro Pérez (*Instituto del Patrimonio Cultural de España*), o grau de precisão da rectificação de uma imagem depende de vários factores: da planaridade da superfície, da distância entre a câmara e o objecto, da qualidade da câmara, das objectivas utilizadas, assim como dos métodos utilizados para dar escala à rectificação[279].

No que concerne também à precisão, para Ana Fonseca e João Fernandes, quando a correcção geométrica com pontos de controlo (designada em SIG ou Detecção Remota como um processo de georreferenciação) não cumpre a especificação exigida pode-se efectuar um processo alternativo. Além de se fazer a correcção geométrica por polinómios lineares, o método consiste na eliminação do deslocamento radial dos elementos da imagem. Esse deslocamento radial advém do facto das imagens serem frequentemente obtidas por um sistema de projecção que utiliza uma geometria projectiva que deriva da perspectiva central. Para realizar a operação é necessário ter um modelo numérico altimétrico da superfície, dado que a correcção do deslocamento radial depende da altitude do ponto[280].

Como exercício da presente dissertação efectuaram-se ortofotografia através do terceiro método, tendo em linha de conta a produção de base de um modelo tridimensional com imagens múltiplas. O primeiro exercício decorreu numa pintura sobre tela e será descrito em detalhe no capítulo VI. Os outros dois exercícios de teste, com procedimentos semelhantes, fizeram-se numa pintura quinhentista sobre madeira, atribuída à Escola de Lisboa[281]. Nesse trabalho fez-se uma ortofotografia de luz visível (Figura 19) e uma da fluorescência de radiação ultravioleta (Figura 20).

---

[279] Vd. LODEIRO PÉREZ, José Manuel – La rectificación fotográfica en el Instituto del Patrimonio Cultural. *Revista Património Cultural de España*, n.º 3, (2010), pp. 241-259.

[280] Vd. FONSECA, Ana Duarte; FERNANDES, João Cordeiro – *Detecção remota*. Lisboa: Lidel, 2004, pp. 69-71.

[281] Trata-se de uma pintura a técnica de provavelmente óleo, efectuada em madeira de carvalho, onde está representada uma cena religiosa da Virgem oferecendo um figo (símbolo de Santa Rita de Cássia) a seu filho Jesus. A peça pertence ao Museu da Fundação Ricardo de Espírito Santo Silva (FRESS).

Se bem que se possam utilizar registos fotográficos digitais tradicionais para documentar uma obra de arte, onde com determinadas técnicas fotográficas se podem evitar imagens com distorção, ocasionadas pela perspectiva central ou cónica, a ortofotografia obtida através de um processo fotogramétrico de curto alcance, parece ser – desde que não se recorra ao varrimento laser 3D – o único documento com informação das características geométricas de uma superfície pictórica passível de se utilizar num processo de análise espacial.

No âmbito das técnicas de informação geográfica, ainda assim, convém fazer uma chamada de atenção que, além da ortofotografia, ainda se tem a possibilidade de produzir ortofotografia verdadeira (*true ortophoto*). Em 1996, Amhar e Ecker propuseram uma solução original para a geração de "ortofotografias verdadeiras". O procedimento para a produção dessas ortofotografias, em áreas urbanas, implica utilizar um modelo numérico altimétrico, que é gerido por uma BASE DE DADOS RELACIONAL[282]. Todas as imagens são classificadas em terrenos e edifícios. A ortoimagem é gerada em fases distintas: primeiro o terreno, depois os telhados. Os resultados desses tratamentos são fundidos numa única ortofotografia digital. As áreas ocultas são eliminadas através da sobreposição dos ortofotos gerados a partir de outras imagens[283]. Apesar de ser actualmente uma prática corrente na elaboração de mapas de superfície terrestre, também se podem obter ortoimagens verdadeiras em alçados arquitectónicos e, eventualmente, em obras pictóricas de arte contemporânea[284].

---

[282] "Base de dados que é organizada em tabelas bidimensionais, em que cada linha corresponde a um registo, representando determinada entidade, e cada coluna a um campo, representando os seus atributos. Entre campos comuns de tabelas diferentes pode ser estabelecido um tipo especial de ligação, a qual permite que os dados sejam relacionados entre si, sem que haja duplicações da informação registada. Por exemplo, se uma tabela armazenar a informação relativa aos concelhos de Portugal, e uma outra a informação relativa às freguesias, as duas tabelas podem ser associadas através de um campo comum que contenha a sede de concelho. Os sistemas de informação geográfica utilizam, em geral, bases de dados relacionais". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, pp. 42-43.

[283] Vd. BOCCARDO, Piero; [*et al.*] – True digital orthophoto for architectural and archaeological applications. *In* GISDEVELOPMENT - *Geospatial Application Papers*: Archaeology. *In http://www.gisdevelopment.net/application/archaeology/general/ archg0002.htm* (Consulta a 28 de Dezembro de 2009; 19h).

[284] Vd. PÉREZ, A. – Generación automática de ortofotografías verdaderas en arquitectura. *In Actas del Congreso: 7 Semana Geomática*. Barcelona: Instituto Cartográfico de Cataluña; Instituto de Geomática; Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía; Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona, 2007.

4.3 Revisão Histórica e Aplicações em Património

Apesar da fotogrametria arquitectónica ser considerada a precursora de todas as áreas da fotogrametria terrestre, o uso mais comum em ambiente topográfico tem sido a produção de mapas plani-altimétricos, produzidos a partir de fotografias aéreas. Provavelmente, somente a partir da década de 1960, quando vários países ganham maior consciência da importância da conservação dos monumentos, como reflexo da Carta de Veneza (1964), é que se estabelecem os conceitos fundamentais de Conservação do Património Cultural.

Numa perspectiva histórica e recente da fotogrametria aplicada ao património, o trabalho de Peter Waldhäusl, de 1994, parece ter tido um impacto muito significativo no meio. Isso verifica-se pela quantidade de referências bibliográficas que ocorrem nos artigos publicados na *CIPA*. Pela primeira vez é lançado um protocolo de actuação para arquitectos e outros actores de património, a fim de poderem fazer trabalhos de fotogrametria sem serem fotogrametristas. Nesse texto é apresentado um sistema fundamental de regras para ser feito com imagens convergentes múltiplas. O sistema é, ainda hoje, designado de *3x3 rules*[285].

O método tinha como principal característica o uso de câmaras não métricas e a simplificação do processo fotográfico. As regras que dão nome a esse processo foram definidas como:

a) Três regras geométricas;
b) Três normas fotográficas;
c) Três regras da organização.

Algumas linhas gerais do protocolo são o uso de câmaras não métricas, isto é, sem estarem de início calibradas. Devem-se tirar pares de fotografias com a câmara posicionada de frente entre o objecto e a câmara, sem a necessidade de identificar os

---

[285] Vd. WALDHÄUSL, Peter – 3 X 3 Rules For Simple Photogrammetric Documentation Of Architecture. *In Simpósio ISPRS, International archives of Photogrammetry and remote sensing, Comissão V*, XXX-5, Melbourne. CIPA: Melbourne, 1994, pp. 426-429.

pontos de controlo de intersecção. No entanto, para se poder adquirir a informação métrica da restituição fotogramétrica, algumas das distâncias dos pontos de controlo têm de ser sempre medidas. No processo, devem ser definidos no imóvel os planos dos alçados, as linhas horizontais e as verticais, assim como os pontos de orientação dos imóveis (Figura 16).

No que concerne ao papel desempenhado pela *CIPA*, importa referir que deverá ter sido o principal organismo a dar um impulso definitivo na divulgação de práticas de fotogrametria terrestre em Património. Trata-se de um comité internacional do *ICOMOS* (*International Council on Monuments and Sites*) para a Documentação do Património Cultural com a colaboração da ISPRS (*International Society of Photogrammetry and Remote Sensing*). A *CIPA*, entre várias actividades, tem um grupo de trabalho exclusivamente em fotogrametria, que frequentemente desenvolve investigações em documentação e registo de património. A sua acção na divulgação de trabalhos está documentada desde a década de 1960. A designação de *CIPA* advém do acrónimo de *Comité International de Photogrammétrie Architectural*. Actualmente, o organismo mantém o mesmo nome de CIPA, mas anuncia-se como *The International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage (CIPA)*[286]. Se bem que recente, uma das primeiras aplicações arquitectónicas e fotogramétricas documentadas por autores portugueses nas conferências da *CIPA* foi o levantamento da Igreja Matriz de Oeiras, em 1994[287].

Não obstante os diversos pontos de vista em torno da fotogrametria, segundo a Ordem dos Engenheiros[288], a fotogrametria é uma das matérias de estudo da Engenharia

[286] Vd. no endereço electrónico: *http://cipa.icomos.org/*

[287] Nesse documento salientamos a apresentação da descrição da metodologia para levantamentos tridimensionais urbanos, de uma análise comparativa da fotogrametria de monoscopia e estereoscopia – por meio da utilização do *software Photomodeler*™ e *ImageStation SSK Pro*™ –, e da indicação das características técnicas de algumas câmaras fotográficas testadas (*Rollei D7 Metric, Nikon Coolpix 775, Leica R5* e *Leica R8*). Vd. PEREIRA, Z.; [*et al.*] – Comparison of different approaches to create architectural archives. *In ISPRS - Congress Istanbul, Proceedings of Commission IV, 2004*, pp. 552-557. *In http://www.isprs.org/congresses/istanbul2004/comm4/comm4.aspx* (Consulta a 22 de Dezembro de 2009; 20h).

[288] Sobre o trabalho do Engenheiro Geógrafo, leia-se no sítio do Colégio de Engenharia Geográfica: "O domínio de intervenção do Engº. Geógrafo é caracterizado por três áreas de actuação fundamentais: a definição de sistemas de referência e de coordenadas, a determinação de posição e a produção de informação georreferenciada. As actividades neste domínio enquadram-se nas áreas técnico-científicas de

Geográfica (clássica), apesar de, na actualidade, ser de facto uma metodologia de levantamento muito frequente em arquitectura, como aparece referida em múltiplos textos[289]. É, nesta última área referida, que se encontram a maioria dos trabalhos, que no âmbito da tese se puderam tomar como referência para a utilização em objectos de menores dimensões, como sejam, por exemplo, os retábulos[290] ou as pinturas de cavalete.

Durante os anos 1990, a bibliografia específica demonstra uma evolução significativa em quantidade e qualidade, e evidencia-se cada vez mais na fotogrametria de curto alcance. Além do trabalho de Waldhäusl, importa referir alguns textos considerados importantes sobre o tema. Veja-se, por exemplo, a obra de Atkinson de 1996[291], uma observação muito específica de restituição de fachadas de edifícios a partir de fotografias antigas[292], um capítulo de Grussenmeyer, Hanke e Sterlein, em *Digital Photogrammetry,* de 2002[293], e para aprofundamento dos estudos os diversos artigos publicados na revista *Photogrammetric Record* e *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Na actualidade, será também muito importante

---

Geodesia, Fotogrametria e Detecção Remota, Cartografia, Topografia e Ciências de Informação Geográfica". Especificamente na área da Fotogrametria e Detecção Remota leia-se que essa actividade está inserida "na produção de cartografia e informação georreferenciada baseada na utilização de câmaras fotográficas e de sensores instalados em plataformas aéreas ou orbitais; a realização de medições baseadas em câmaras fotográficas ou sensores operados sobre a superfície terrestre para levantamento geométrico ou monitorização de construções". Vd. COLÉGIO DA ORDEM DOS ENGENHEIROS – Actos de Engenharia Geográfica. *In http://www.ordemengenheiros.pt/Default.aspx?tabid=212* (Consulta a 8 de Agosto de 2008; 2h).

[289] Vd. LYONS, Thomas R.; EBERT, James I. – Photogrammetric Measurement and Monitoring of Historic and Prehistoric Structures. *In Committee on Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments – Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1982, pp. 242-271; PATIAS, Petros; [*et al.*] – Applications in cultural heritage documentation. *In* LI, Zhilin; [*et al.*] – *Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: 2008 ISPRS Congress Book*. Londres: Tailors Francis Group, 2008, pp. 363-384.

[290] Indicações sobre trabalhos fotogramétricos nos retábulos de Assunção de Nossa Senhora, Colmenar Viejo, em Madrid, o Retábulo Maior da Capela Real de Granada, o Retábulo Maior da Igreja de Santo Domingo de Guzmán, Yanhuitán, Oaxaca, México, o Retábulo de São Caetano, Guanajuato, México, estão em DESCAMPS, Françoise, ed. – *Metodología para la Conservación de Retablos de Madera Policromada*. Sevilla, Los Angeles: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, The Getty Conservation Institute, 2002, pp. 110-125, 136-159, 182-197; 198-209.

[291] Vd. ATKINSON, K. B. – *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Londres: Whittles Publishing, 1996.

[292] Vd. HEMMLEB, Matthias; WIEDEMANN, Albert – Digital rectification and generation of orthoimages in architectural photogrammetry. *In CIPA International Symposium, Goteborg, Sweden, 1.-3. October 1997, IAPRS,* Vol. XXXII, Part 5C1B, 1997, pp. 261-267.

[293] Vd. GRUSSENMEYER, P.; [*et al.*]. – Architectural photogrammetry. *In* KASSER, Michel; EGELS, YVES – *Digital Photogrammetry*. Londres: Taylor & Francis, 2002, pp. 300-339.

acompanhar e apreciar os trabalhos produzidos por Fabio Remondino, maioritariamente orientados para a arqueologia.

Em Portugal, no século XX, o panorama de publicação de documentos científicos é distinto e parece ser muito escasso. No entanto, no início do século XXI, temos pelo menos, um texto de João Matos, onde se faz uma resenha dos principais métodos de caracterização geométrica de Património, e onde se salienta a importância das seguintes técnicas: do uso do Sistema Global de Posicionamento (GPS), do levantamento com a estação total, das imagens rectificadas, das restituições fotogramétricas, do registo por intersecção espacial a partir de fotografias e da construção de modelos tridimensionais por meio do sistema de *laser-scanning*[294]. Além desse trabalho, também se faz uma chamada de atenção para o projecto já referido de Oeiras[295], e das iniciativas e aplicações de Luís Mateus, onde se destaca as implementações de rotinas com *Autolisp*[296]. Ainda assim, convém salientar os recentíssimos trabalhos, de foro arquitectónico, de José Aguiar, Luís Mateus e Victor Ferreira (2011), na produção de alçados rectificados do Terreiro do Paço em Lisboa, na elaboração de orto-imagens de reflectância por varrimento *laser* 3D no Arco da Rua Augusta, e no modo

---

[294] Vd. MATOS, João – Técnicas de Levantamento aplicadas ao Património. *In Património Edificado. Novas Tecnologias. Inventários*. Angra do Heroísmo: Instituto Açoreano de Cultura, Instituto Portugues do Património Arquitectónico, 2002, pp. 21-36.

[295] Vd. PEREIRA, Z; [*et al.*] – Comparison of different approaches to create architectural archives. *In International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 35, Part 5 (2004), pp. 552-557.

[296] Vd. MATEUS, Luís – Método de fotogrametria elementar implementado com rotinas em Autolisp (Elementary photogrammetric method implemented with Autolisp routines). *Cadproject*, n.º 31, (2007), pp. 48-50; MATEUS, Luís – Método prático para levantamento de fachadas de Arquitectura (Practical method to survey architectural façades). *Artitextos* n.º 4, (2007), pp. 143-150; MATEUS Luís; [*et al.*] – A report on multiple approaches to the S. Frutuoso of Montélios Chapel survey. *In Proceedings of the 9th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage – VAST 2008*, Braga: Departamento de Informática da Universidade do Minho, 2008¸ pp. 51-55; MATEUS, Luís - Evaluating a low cost photogrammetry method with 3D laser scanning. *In* VUGTK - Milan Talich, ed. – *Proceedings of the 3rd International Conference of Geodesy, Cartography, Navigation and Geoinformatics – GEOS 2008 (CD).* Praga: [S.n.], 2008, pp. 317-326; MATEUS Luís; [*et al.*] – Laser Scanning 3D: Nuvens de pontos como Documentação Primária do Património – O caso do Castelo de Mota del Marqués em Valladolid (Laser Scanning 3D: Point Clouds as basic Heritage documentation – Mota Castle in Valladolid). *Linha do Horizonte*, n.º 1, (2010), pp. 124-133.

contemporâneo de captura de imagens aéreas, efectuado ao Centro Histórico de Tomar e ao Convento de Cristo com plataformas aéreas não tripuladas (balão e octocópero)[297].

No contexto espanhol, não obstante alguma dificuldade de nosso acesso a fontes bibliográficas, temos conhecimento do uso da fotogrametria em património edificado, com uma expressão mais significativa e apreciável[298].

As áreas de aplicação da fotogrametria, especificamente por imagens múltiplas são muito diversas[299]. Na arquitectura serve para gerar desenhos de alçados de estruturas existentes e produzir fotografias rectificadas de fachadas, modelar elementos complexos, como arcos, pilares, detalhe de tijolos, documentar estruturas antigas para arquivo e sua conservação, produzir modelos 3D para visualização, fazer o levantamento de estruturas e objectos existentes, modelar usando uma única foto histórica ou de arquivo, entre outras aplicações.

Na Arqueologia e na Antropologia também se pode aplicar para medir e modelar vestígios de naufrágios, documentar estruturas mais antigas para conservação, restituir tridimensionalmente artefactos para sua documentação geométrica e apresentação *online*, realizar medições morfológicas e documentar locais de escavação.

Na modelação 3D e animação (desenhos animados) pode-se construir modelos tridimensionais fotorrealistas, usar os produtos fotogramétricos em programas de *rendering*, criar modelos *VRML* para apresentação em páginas na *Internet*, medir e modelar cenários de filmes e locais.

---

[297] Vd. AGUIAR, José; [*et al.*] – O Projecto de conservação e as novas metodologias de documentação. Evoluções recentes e alguns casos de estudo. *In* RODRIGUES, José Delgado; PEREIRA, Sílvia S. M. – *Actas do Simpósio: Património em Construção. Contextos para a sua preservação*. Lisboa: LNEC, 2011, pp. 327-334; FERREIRA, Vitor - *Planeamento Participativo e as Tecnologias de Informação. Promover o Entendimento do Planeamento Local pelos Cidadãos*. Lisboa: Instituto Superior Técnico/Universidade Técnica de Lisboa, 2011. Dissertação de Doutoramento em Planeamento Regional e Urbano.

[298] Vd. DURÁN DOMÍNGUEZ, Guadalupe; SANJOSÉ BLASCO, José Juan de, Ed. – *Innovaciones en las Tecnologías de la Información aplicadas a la Conservación de Património*. Mérida: Asociación de Gestores Culturales de Extremadura, 2008; LODEIRO PÉREZ, José Manuel – La rectificación fotográfica en el Instituto del Patrimonio Cultural. *Revista Património Cultural de España*, n.º 3, (2010), pp. 241-259.

[299] Ver em Apêndice II indicações sobre o *software Photomodeler*^{TM}.

Além das situações acima referidas, também é possível produzirem-se modelos de veículos e objectos para animações em tribunal, efectuar medições de acidentes rodoviários, criar ortofotografias de marcas de derrapagem e outras superfícies, usar fotografias de origem desconhecida (de transeuntes, de espectadores, de peritos de seguros, da polícia, entre outros), efectuar medições de comprimentos, ângulos e áreas, e criar desenhos de acidentes e cenas de crime. Na engenharia e nas medições de natureza industrial pode-se produzir desenhos de construções *as-built*, modelar objectos cilíndricos (tubos, condutas, etc.) sem qualquer forma de marcação prévia de alvos especiais, gerar modelos 3D de alta precisão de estruturas de fábricas e de processos de produção, analisar produtos para concepção e desenho, *reverse engineer*, modelação *NURBS*[300] de curvas e superfícies, execução de projectos de medições industriais de alta precisão e, possivelmente, entre outras aplicações, efectuar-se a exportação dos ficheiros fotogramétricos para *CAD*.

Como é uma prerrogativa nas disciplinas científicas, particularmente as das ciências exactas, a questão da qualidade da informação assume principal importância. Para que o processo científico se demonstre válido é importante que ao operar-se no "terreno" as metodologias sejam verificáveis e reproduzíveis. Não obstante a importância inegável do método científico fotogramétrico, alguns erros são possíveis de verificar, devido às condições do projecto e, eventualmente, ao não cumprimento dos procedimentos mais adequados no levantamento[301].

O emprego da fotogrametria de curto alcance em retábulos, na pintura de cavalete, mural e escultura também é uma forte possibilidade de um largo uso como processo de documentação. Porque a restituição de fachadas poderá ser vista, em parte, como superfícies análogas às pictóricas, isso leva a pensar que as aplicações fotogramétricas

[300] Acrónimo de *Non Uniform Rational Basis Spline*. Trata-se de um modelo matemático usado regularmente em programas gráficos para gerar e representar curvas e superfícies.
[301] Apesar da fotogrametria ser uma técnica muito fiável para medições arquitectónicas, um exemplo em que o levantamento fotogramétrico não foi demonstrado completamente eficaz, está indicado num dos trabalhos de modelação geométrica arquitectónica efectuados à ponte da Lagoncinha. Após elaboração do projecto no programa informático, verificou-se no terreno, que a medição produzida no *software* não era plenamente confiável para caracterização geométrica. Vd.: COSTA, Cristina Margarida Rodrigues – *Análise do comportamento da Ponte da Lagoncinha sob a Acção do Tráfego Rodoviário*. Porto: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, 2002. Dissertação de mestrado.

possam ser aplicadas nas mais diversas situações. Da mesma forma que nas superfícies arquitectónicas se podem apreciar as texturas, as cores e os fenómenos de alteração, o mesmo pode suceder nos objectos de menor escala[302]. Veja-se, a título de exemplo recente e publicado em português, alguns casos de estudo de Rezende[303], onde se faz uma sinopse das aplicações fotogramétricas ao património edificado.

Podem-se encontrar alguns exercícios fotogramétricos em retábulos baixo-relevo[304], com estéreo fotogrametria digital, e em específico em pinturas retabulares. Estão documentados os casos dos *Retablos Mayores de la Catedral de Sigüenza (Guadalajara),* da *Iglesia de San Francisco* em *Tarazona* (Saragoça), ambos os exercícios efectuados pelo *Instituto del Patrimonio Cultural de España*[305]. Também se conhece o trabalho feito no *Retablo Mayor de la Capilla de la Universidad de Oñati*[306] e, ainda, uma aplicação de monorestituição fotogramétrica ao retábulo da Catedral Basílica de Salvador, no Brasil[307]. No entanto, além destes trabalhos recentes, o início do uso da fotogrametria no património pictórico surge nos anos setenta e oitenta.

Em 1974, começa-se a apontar a fotogrametria, em contraponto com o método tradicional da fotografia, como uma ferramenta essencial para documentar pinturas murais de larga extensão[308]. Em 1979, faz-se uma indicação para produção de cópias pictóricas murais e molduras da Catedral de Colónia por meio de métodos

---

[302] Vd. AMORIM, Arrivaldo Leão de; MOREIRA, Daniel de Carvalho – Técnicas de reconstituição e de restituição digital de fachadas em edificações históricas: estudos de casos. *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*. Vol. 1, n.º 4, (2007), pp. 143-148.

[303] Vd. RESENDE, Wagner de Souza – Fotogrametria digital e patrimônio histórico: uma proposta metodológica. *FÓRUM - Patrimônio e Novas Mídias: Digitalização e Geoprocessamento*. Vol. 2 , n.º 2, (2008), pp. 64-89.

[304] Vd. D´AMICO, Stefano ; RUBINO, Angelo – Un´applicazione di fotogrammetria digitale all´Oratorio dei Filippini in Roma: il Miracolo di Santa Agnese dell´Algardi. *Bollettino ICR. Nuova Serie*, n.º 6–7, (2003), pp. 26-32.

[305] Vd. CANTOS MARTÍNEZ, Olga; [*et al.*] – La fotogrametría como apoyo gráfico en la restauración de retablos escultóricos en madera policromada. *Revista Património Cultural de España*, n.º 1, (2009), pp. 236-249.

[306] Vd. LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO **–** Restitución del Retablo de la Universidad de Oñati. *In http://www.ehu.es/docarq/LDA/index.htm* (Consulta a 26 de Dezembro de 2010; 20h)

[307] Vd. GROETELAARSI, Natalie J.; AMORIM, Arivaldo L. – A fotogrametria digital na documentação do patrimônio arquitetónico. *FÓRUM - Património e Novas Mídias: Digitalização e Geoprocessamento*. Vol. 2 , n.º 2, (2008), pp. 92-105.

[308] Vd. LOSOS, L.; JIRINEC, M. – Pro dokonalejsi dokumentaci restaurátorskych praci. *Památková péce*, Vol. 34, n.º 1, (1974), pp. 2-9.

fotogramétricos[309]. De Lamberto Ippolito também se conhece alguns dos primeiros trabalhos, em 1980, para documentação do relevo de superfície e medição das *giornate*[310]. Nesse mesmo ano, são conhecidos trabalhos nas fachadas e altares da Abadia beneditina de Melk e da sua decoração barroca, com o intuito de produzir documentação de apoio aos restauradores[311]. Nas *Atti del convegno sul restauro delle opere d'arte. Firenze, 2-7 novembre 1976*, publicadas em 1981, faz-se indicação de um trabalho multidisciplinar ao nível dos métodos de exame e análise, com técnicas de fotogrametria, fotografia de infravermelho e técnicas de ultra-sons[312]. No mesmo ano, faz-se ainda referência, por Christian Lahanier, ao levantamento estereofotográfico nas grutas de Lascaux[313].

Ao nível da escultura de bronze de exterior, há referência de vários trabalhos nos anos sessenta, onde se destacam os levantamentos no grande Buda de *Kamakura*, que cruzaram técnicas de fotogrametria aérea e de curta distância[314].

Em 1981, por exemplo, é publicado o resultado dos trabalhos que decorreram entre 1969 e 1976 no retábulo assinado de Michael Pacher (1481). Nesse projecto, elaborado pelo *Austrian Bundesdenkmalamt, Landeskonservator für Oberösterreich, Linz, and Restaurierwerkstätten*, de Viena, que teve a colaboração internacional do *ICOM Working group on Polychromy and the Central Research Laboratory for Objects of Art and Science*, em Amesterdão, apresentado no simpósio de 1975 do ICOM, fez-se uso de

---

[309] Vd. CLASEN, Carl-Wilhelm – Bildmessung fuer die kopie von kunstwerken. *In Fifth international symposium for photogrammetry in architecture and conservation of monuments, Sibenik, 9-12 October, 1978*. Split: Hidrografski institut rm, 1978, p. 13.
[310] Vd. IPPOLITO, Lamberto – Applicazione del metodo fotogrammetrico allo studio del ciclo pittorico vasariano del salone dei cinquecento. *Bollettino degli ingegneri*, Vol. 1980, n.º 7–8, (1980), pp. 10-12.
[311] Vd. FORAMITTI, Hans; KOLLER, Manfred – Fotogrammetrische Arbeiten für das Stift Melk. *Osterreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege*, n.º 34, (1980), pp. 120-124.
[312] Vd. SERACINI, Maurizio – Progetto di ricerca del murale di leonardo da vinci "la battaglia di anghiari" nel salone dei 500 in palazzo vecchio a firenze. *In Proceedings of the symposium on the restoration of works of art. Florence, 2-7 November 1976.* Florença: Edizioni polistampa, 1981, pp. 329-332; 567-569.
[313] Vd. LAHANIER, Christian – La reconstitution photogrammetrique et photographique de la grotte de Lascaux. *In ICOM committee for conservation. 6th triennial meeting, Ottawa, 21–25 September 1981. Preprints*. Paris: ICOM, 1981, p. 4.
[314] Vd. SEKINO, Masaru – Repair of the Great Buddha statue at Kamakura. *Studies in conservation*, Vol.10, n.º 2, (1965), pp. 39-46; MARUYASU, Takakazu; OSHIMA, Taichi – Photogrammetry in the precision measurement of the Great Buddha at Kamakura. *Studies in Conservation*, Vol. 10, n.º 2, (1965), pp. 53-63.

um conjunto significativo de técnicas de exame e análise (de controlo climático, de documentação fotogramétrica, do exame por amostragem e microscopias, análises físico-químicas às madeiras, às policromias e aos douramentos, estudos do ataque biológico, documentação fotográfica, radiografias, registos fotográficos de infravermelho, entre outros[315]. De Gerhard Kasper (1983), também temos referência de um levantamento fotogramétrico num retábulo no decurso de uma intervenção de conservação, para retirar a característica distorção das imagens[316].

Nos anos noventa são conhecidos trabalhos de Gunnar Heydenreich, em 1994, sobre a monitorização fotogramétrica e resposta dimensional de pinturas sobre fibra (*fibre boards*) quando sujeitas a tratamentos de humidificação[317], assim como as inspecções de Al Brewer, em 1999, na avaliação com fotogrametria digital das deformações de superfície de pintura sobre madeira[318]. Uma aplicação também na monitorização de painéis sobre madeira foi desenvolvida em 2004, especificamente no retábulo de Westminster, durante uma intervenção de conservação. Neste trabalho dá-se relevo à elevada precisão (20 micrómetros) dos recentes sistemas fotogramétricos. Segundo os autores, a técnica utilizada poderá ser um complemento aos métodos de exame e análise correntes (radiografias, reflectografias de infravermelho e fotografias). As informações métricas obtidas podem ainda ser armazenadas num programa computorizado, do tipo de base de dados, semelhante ao dos usados em sistemas de informação geográfica[319]. De Dulieu-Barton (2005) são apresentadas várias perspectivas da medição de deformações[320]. Mais recentemente, em 2009, prova-se a importância da fotogrametria terrestre como técnica de análise em deformações de madeira impregnadas com

[315] Vd. KOLLER, Manfred – *Der pacher-altar in st. Wolfgang. Untersuchung, konservierung und restaurierung 1969-1976 (Studien zu denkmalschutz und denkmalpflege n. Xi).* Wein; Graz;Koeln: Hermann Boehlaus, 1981.
[316] Vd. KASPER, Gerhard – Photogrammetrische Aufnahmen Hochaltars in der Kartause Ittingen. *Zeitschrift für Schweizerische Archäeologie und Kunstgeschichte*, Vol. 40, n.º 3, (1983), pp. 209-213.
[317] Vd. HEYDENREICH, Gunnar – Modern paintings on fibre board: their response to changes in relative humidity. *In Modern works, modern problems? Conference papers*. Leigh, United Kingdom: Institute of paper conservation, 1994, pp. 106-113.
[318] Vd. BREWER, Al – Effects of batten reinforcements on paintings on wood panel. *In Triennial meeting ICOM (12th), Lyon, 29 August-3 September 1999: Preprints*. Londres: James & James, 1999, pp. 276-281. Vol. 1.
[319] Vd. ROBSON, Stuart; [*et al.*] – Periodic photogrammetric monitoring and surface reconstruction of a historical wood panel painting for restoration purposes. *IAPRS&SIS*, Vol. 35(5), (2004), pp. 395-400.
[320] Vd. DULIEU-BARTON, Janice M.; [*et al.*] – Deformations and strain measurement techniques for the inspection of damage in works of art. *Reviews in Conservation*, n.º 6, (2005), pp. 63-73.

materiais de conservação[321] e, em 2012, Barazzatti *et al.* fazem uso de um conjunto de técnicas para avaliação das deformações e análise multiespectral num conjunto de pinturas[322].

Em pintura sobre tela constam-se indicações num texto, apresentado no *III Congreso del Grupo Español del IIC*, em 2007. Nesse trabalho, os autores apresentam num dos casos de estudo uma aplicação de fotogrametria "normal", por monorestituição (onde se faz uso de uma fotografia), a uma obra de Juan de Sevilha (pintor do século XVII), pertencente ao Convento de Santa Paula, em Sevilha[323]. Indica-se ainda que, quando se utiliza uma fotografia, ao rectificar-se uma imagem, nesse processo de restituição obtém-se um produto cartográfico. E que com duas fotografias produzem-se estereoscopias para visualização tridimensional e com três ou mais registos, se tivermos vistas convergentes ou inclinadas, obtêm modelações tridimensionais e ortofotografias.

Acerca da produção de ortofotografias em pintura retabular, em 2007, apresenta-se o caso de estudo do painel de Gregório Lopes, *Santo António pregando aos peixes*, feito com registos fotográficos digitais de fluorescência de ultravioleta. O trabalho em causa implicou fazer uma cobertura geral da pintura com três imagens, seguido de um registo de 12 imagens digitais de detalhe. Chama-se a atenção que durante o processo tentou-se garantir que o eixo óptico da câmara fotográfica estivesse orientado perpendicularmente em relação à superfície da obra. Com esse método produziu-se uma imagem-mosaico com uma resolução espacial apreciável para observação de pormenores do estado de conservação[324].

---

[321] Vd. D'AMELIO, S.; BRUTTO, M. Lo – Close range photogrammetry for measurement of the paintings surface deformations. *In* REMONDINO, Fabio; EL-HAKIM, Sabry; GONZO, Lorenzo – 3D-ARCH 2009: "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", 25-28 February 2009, Trento, Italy. Volume XXXVIII-5/W1. Trento: ISPRS, 2009, p. 6.
[322] Vd. BARAZZETTI, L.; [*et al.*] –Geometric and radiometric analysis of paintings. *In International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 5 Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK*. Newcastle: ISPRS, 2010, pp. 62-67.
[323] Vd. DURÁN DOMÍNGUEZ, Guadalupe; [*et al.*] – Técnicas fotogramétricas aplicadas al patrimonio. *In* GRUPO ESPANOL DEL IIC – *In Actas del III Congreso. La conservación infalible: de la teoría a la realidad*. Oviedo: Grupo Español del IIC, 2007, pp. 137-146.
[324] Vd. PIRES, Hugo; [*et al.*] – Integrating laser scanning, multispectral imagery and GIS in C&R documentation practices: A first approach using two XVI century wood paintings from Convento de Cristo in Tomar. *In XXI International CIPA Symposium, 01-06 October 2007, Athens, Greece*. *In http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/Athens2007/FP118.pdf* (Consulta 4 de Abril de 2009; 17h);

Na pintura mural, entre várias aplicações, de Lerma (2001), conhecem-se alguns estudos na caracterização das superfícies de arte rupestre[325]. O autor descreve um modelo automático de classificações para documentação e caracterização de pinturas, tendo em conta tipos de rochas e pigmentos. O artigo descreve um processo de aplicação arqueológica, na "Cova Civil", localizada na ravina Valltorta (Tirig, Castellón), em Espanha, com vista à documentação de uma pintura rupestre com imagens de espectro visível e infravermelho. Acrescente-se que foram usadas técnicas de processamento de imagem, de classificação multiespectral e multibanda, para reconhecer e extrair informação sobre os motivos pictóricos (setas, caçadores e animais).

Num caso português recente, Marco Lima Carvalho, Ana M. Morgado e José A. Gonçalves fazem a avaliação de um sistema topográfico e fotogramétrico terrestre designado de *TOPCON*™ [326]. O estudo descrito consiste na avaliação de um equipamento para Topografia e Fotogrametria Terrestre, composto por uma estação total, *Topcon GPT-7003i*™ com uma câmara digital incorporada. Os resultados foram obtidos com o *software* de processamento de imagem da *Topcon PI-3000*™. A inovação implementada, onde se tem uma estação total com câmara fotográfica, permite um ganho substancial de tempo quando relacionado com o processo de orientação dos pares de fotografias obtidas[327]. Os resultados da *GPT-7003i*™ são confrontados com os

---

PIRES, Hugo; [*et al.*] – Towards a multispectral GIS integrating laser scanning data or how can geomatic improve C&R documentation practices: a first approach using two XVIth century wood paintings of "Convento de Cristo" in Tomar. *In* CASTILLEJO, Marta; [*et al.*], Ed. – *Lasers in the Conservation of Artworks. Proceedings of the International Conference Lacona VII, Madrid, Spain, 17 - 21 September 2007*. [S.l.]: CRC Press, 2008.

[325] Vd. LERMA, José Luis – Documentation and recovery of rupestrian paintings: an automatic approach. *In* ALBERTZ, Jörg, ed. – *Surveying and documentation of historic buildings, monuments, sites: traditional and modern methods, Potsdam (Germany), September 18-21, 2001, Proceedings of the XVIII. International Symposium, CIPA 2001*. Postdam: CIPA, 2001, pp. 377-380. O autor anota também que, o seu trabalho vem no seguimento da utilização da fotografia multiespectral, em outros casos de estudo, apresentados anteriormente. Vd. VINCENT, J. M.; [*et al.*] – Aplicación de la Imagen Multiespectral al Estudio y Conservación del Arte Rupestre Pos-paleolítico. *Trabajos de Prehistoria*, n.º 53, 2, (1996), pp. 19-35.

[326] Vd. CARVALHO, Marco Lima; [*et al.*]– Avaliação do sistema topográfico e fotogramétrico terrestre da *Topcon*™. *In* CASACA, João; MATOS, João – *Cartografia e Geodesia 2007. Actas da V Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia.* Lisboa: Lidel, 2007, pp. 283-293.

[327] A máquina fotográfica utilizada pelo *software* fotogramétrico *on-board* pode ser a disponibilizada pelo equipamento com uma resolução de 0.3 Megapixéis (*VGA*) *CMOS Sensor*, distância focal em *wide area view* de f=8 mm e uma dimensão de imagem de 640x480 pixéis, ou então obter imagens com outra camera e aplicar no *software* fotogramétrico. Este *software* fotogramétrico *on-board* é designado de *Field Orientation*, sendo composto por dois módulos: o *Standard Mode* e o *Easy Mode*. O primeiro permite que as imagens adquiridas não sejam a da estação total, mas sim as obtidas por uma câmara digital externa,

obtidos através de trabalhos realizados com a CÂMARA MÉTRICA[328] digital *Rollei D7 Metric*^{TM} (Figura 16), de forma a efectuar um exame comparativo, avaliando as diferenças entre as duas metodologias[329]. A análise realizou-se em três situações:

a) Num alçado arquitectónico, para aferir o rigor posicional obtido com o programa fotogramétrico da estação total, e em determinadas condições de observação;
b) Para levantamento de alçados para avaliar os resultados do modelo tridimensional;
c) Numa extracção automática do modelo de um busto do escultor italiano António Canova, de modo a testar métodos de tratamento de informação numa superfície irregular.

No último caso utilizou-se somente as imagens obtidas com a câmara *Rolei D7 Metric*^{TM}, de distância focal fixa de 7 mm, que produziu imagens de 2552x1920 pixéis com dados **raw* de 6.4Mb por fotografia. Em todas as aplicações, o *software* PI-3000 esteve em permanente análise, baseado em diferentes procedimentos, cálculos e resultados. Os autores do estudo concluíram que a estação *GPT-7003i®*, com câmara

---

possibilitando a combinação destas imagens com os pontos de controlo da estação. O segundo módulo, *Easy Mode*, tem a capacidade de utilizar as fotografias obtidas pelo equipamento em *VGA*, calculando internamente os parâmetros para a orientação de cada um dos pares estereoscópicos. Após o trabalho de campo o projecto é importado para o *software* PI-3000, sendo processado sem qualquer intervenção do operador no processo de orientação interna e externa de cada uma das fotografias. O *Image Surveying Station PI-3000* é um programa desenvolvido para efectuar medições 3D em imagens estereoscópicas, assim como gerar orto-imagens e modelos 3D utilizando imagens obtidas por câmaras fotográficas digitais. Vd. IDEM, *Ibidem*, pp. 283-293.

[328] "Câmara fotográfica com uma elevada precisão óptica e mecânica, frequentemente calibrada e com distância focal fixa". Extraído de LINDER, Wilfried – *Digital Photogrammetry. A Practical Course*. 2.ª Ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006, p. 204.

[329] Acerca do desempenho, da estabilidade e qualidade geométrica da câmara Rollei D7 Metric, equipada com um sensor *CCD* de 5 megapixel ver: PEIPE, J.; STEPHANI, M. – Performance evaluation of a 5 Megapixel digital metric camera for use in architectural photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXIV, Part 5/W12. In http://www.commission5.isprs.org/wg4/workshop_ancona/proceedings/65.pdf* (Consulta a 6 de Agosto de 2008; 23h). O estudo conclui que a câmara Rollei D7 Metric é uma boa opção para trabalhos fotogramétricos industriais e arquitectónicos. A estabilidade dos parâmetros geométricos de orientação interna da máquina fotográfica digital, associada à elevada resolução do sensor e a uma distância focal estável, providencia imagens de grande angular com qualidade para a reconstrução de objectos. No mesmo artigo é feita uma referência muito útil sobre procedimentos de rectificação de superfícies curvas, como é o caso das pinturas murais em absides. Sobre a estrutura mecânica e óptica da câmara, assim como componentes electrónicos do equipamento ver: POMASKA, Günter – First experiences with the new digital camera rollei d7 metric. *In Proceedings of the XVII CIPA Symposium, Recife, Brasil, 1999. In http://cipa.icomos.org/text%20files/olinda/99c413.pdf* (Consulta a 17 de Janeiro de 2011; 16h)

incorporada ou externa, apresenta semelhante rigor posicional. No entanto, para obtenção de ortoimagens a câmara externa, pela resolução que apresenta, tem vantagens. No trabalho de modelação da escultura, através da obtenção automática das superfícies tridimensionais pelo método *stereo-matching*, foi possível modelar o objecto com elevado pormenor. Assim, concluíram os autores que o sistema fotogramétrico da *Topcon*™, é uma interessante alternativa na fotogrametria terrestre, permitindo uma restituição muito rigorosa dos alçados dos edifícios e em particular nos bens culturais móveis, como foi o caso da escultura de Canova.

Em baixos-relevos escultóricos também é possível extraírem-se ortofotografias, seja essa documentação obtida por meio do varrimento *laser* 3D ou por fotogrametria. Veja-se uma aplicação em Kankiin, num edifício de património cultural japonês, efectuada para acompanhamento de uma intervenção. Neste exercício, fez-se uma modelação 3D de exterior ao edifício, com um equipamento de varrimento *iQsun880™*. O *software* usado pelo *scanner* foi o *iQscene ™*. A montagem tridimensional foi operada com *3D Studio Max 7™*. Para obtenção da ortofotografia de um dos baixos-relevos, de aproximadamente 4m^2, fez-se um mosaico com 30 fotografias, tiradas de frente para a superfície a fim de evitar ângulos de perspectiva. A assemblagem do mosaico para processamento da ortofotografia decorreu com o programa *Topcon PI-3000™*. O equipamento utilizado foi uma câmara *HasselBlad 503CX*, com uma lente *Carlzeiss M50mm F4.5L*, película *Phase One H20*. As imagens fotográficas digitalizadas da película estavam uma resolução de 0.009 mm por célula (*pixel*)[330].

Nos objectos de proveniência arqueológica, em Portugal, temos a indicação de um trabalho de fotogrametria digital e uso de varrimento *laser* 3D, com indicações de modelações, restituições tridimensionais, análises morfológicas, ortofotografias e

[330] Vd. KURASHIGE, Hirotoshi; [*et al.*] – The colored comparison of the wall sculpture with 3D laser scanner and orthophoto. *In Proceedings of the ISPRS Working Group V/4 Workshop 3D-ARCH 2005:"Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures" Mestre-Venice, Italy, 22-24 August, 2005. In http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/5-W17/pdf/25.pdf* (Consulta a 26 de Dezembro de 2010; 20h).

reconstruções virtuais. Trata-se de um exercício orientado para duas aplicações de âmbito arqueológico: a taça de cerâmica e a epígrafe da *Citânia de Briteiros*[331].

Mais recentemente, em 2009, num sistema combinado de digitalização por luz estruturada e fotografia multiespectral, fez-se uma aplicação em vestígios rupestres na Estela n.º1 de Salgueiros, proveniente de Picote em Miranda do Douro, e as pinturas do Regato das Bouças, na Serra de Passos em Mirandela[332]. A técnica utilizada, de combinação da modelação tridimensional e do registo multiespectral, se bem que não seja completamente original o seu uso em património cultural, já tinha sido demonstrada em pintura sobre tela[333].

[331] Vd. PIRES, H.; [*et al.*] – Contribuição da Geomática para os processos de registo e documentação em Arqueologia. Aplicações dos Sistemas de Varrimento Laser e Fotogrametria. *In V Congresso de Aplicações Informáticas à Arqueologia – CAA Portugal, 15 e 16 de Novembro de 2007*. Leiria: CAA, 2007.

[332] Vd. PIRES, Hugo; [*et al.*] – Novos métodos de registo digital de arte rupestre: digitalização tridimensional e fotografia multiespectral. *In Actas das IV Jornadas Raianas*. Sabugal: Empresa Municipal de Sabugal, Câmara Municipal de Sabugal, 2009, pp. 211-220.

[333] Vd. LAHANIER, Christian; [*et al.*] – Two-dimensional multi-spectral digitization and three-dimensional modelling of easel paintings. *In* VERGER, Isabelle, Ed. – *ICOM Committee for Conservation. Preprints of the 14th Triennial Meeting, The Hague, 12–16 September 2005*. Londres: James&James/Earthscan, 2005, pp. 30-42. Vol. I.

5 MODELOS E TÉCNICAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM ESTUDOS SOBRE CONSERVAÇÃO DE PINTURA

5.1 Introdução: os Sistemas de Informação Geográfica

Neste capítulo faz-se referência a noções gerais de modelação geográfica e a técnicas e operações utilizadas no âmbito dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), algumas das quais focadas na secção subsequente. Nesse sentido, é feito um levantamento teórico, sumário e de apoio, com vista a uma melhor compreensão do trabalho experimental efectuado nos casos de estudo.

O objectivo principal da concepção dos SIG são o de construir um sistema onde seja possível acumular diversos tipos de dados, de modo a registar, processar e pesquisar informação espacial de modo eficiente. Para tal, elabora-se a combinação de sistemas de *hardware*, *software*, informação espacial e de procedimentos computacionais que permitam e facilitem a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenómenos geográficos[334].

No que concerne ao "estado de arte" dos SIG em Portugal, a obra *Fundamentos de Informação Geográfica*, de João Luís de Matos, apresenta-se como um texto de referência académica e de carácter pedagógico sobre os conceitos básicos em SIG. O seu conteúdo reflecte um conjunto de conhecimentos divididos por várias vertentes, compreendendo aspectos da modelação geográfica, de análise espacial, de computação gráfica, de sistemas de informação, de cartografia, de posicionamento e de detecção

[334] O conceito de "fenómeno" no contexto geográfico anda muito próximo da acepção kantiana, onde é definido como tudo o que é objecto de experiência possível, ou seja, tudo o que aparece no tempo ou no espaço. A quantidade dos fenómenos que se podem georreferenciar é virtualmente ilimitada, embora condicionado pela existência de conceitos e formas de percepcionamento, que em Kant estão ligadas a quatro grupos de categorias: quantidade, qualidade, modalidade e relação. Vd. MATOS, João – *Fundamentos de Informação Geográfica*. 5ª Ed. Lisboa-Porto: Lidel, 2008, p. 15.

remota. Entre outros assuntos, em particular, explora também os Sistemas de Referenciação Geográfica, os Modelos Geográficos, os Modelos Vectoriais, os Modelos Matriciais e os Modelos Digitais de Terreno[335].

Segundo MacCormac[336], independentemente do campo de actuação, existem três níveis nos quais os SIG podem ser usados:

a) Gestão de dados – Este é o nível mais baixo das aplicações, sendo útil para dar entrada e armazenar dados, para recuperar dados através de consultas espaciais[337] em determinadas condições, e para exibir os resultados. Funciona como um sistema de inventário com a finalidade de armazenar e mostrar informações acerca das características espaciais;
b) Análise – Neste nível o utilizador faz uso das capacidades de análise espacial do sistema[338];
c) Previsão – Trata-se do nível de aplicação mais alto. Neste patamar é confrontada a gestão de dados e a capacidade de análise, combinada em operações de modelação preditiva[339].

No caso português, como documentou Grancho (2006), os SIG podem ter inúmeras aplicações práticas[340]. Servem para determinar ou apoiar a decisão que respeita à localização de equipamentos como vias terrestres (estradas ou ferroviárias), aeroportos e uma multiplicidade de outros casos. São utilizados para elaborar mapas, estabelecer

---

[335] Vd. MATOS, João – *Fundamentos de Informação Geográfica*. 5.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008.
[336] Vd. MACCORMAC, Jack – *Topografia*. 5.ª Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2007, p. 266.
[337] O termo *espacial* é usado aqui no significado de referência a uma certa posição sobre a superfície.
[338] Quando se aplica em modelação geográfica permite determinar o menor caminho entre duas localidades, agrupamentos de terreno dentro de uma área maior, dependendo de certos critérios.
[339] Nos sistemas tradicionais é possível prever o efeito do tráfego sobre uma determinada estrada quando determinadas áreas são desenvolvidas de certa maneira, previsão de um efeito de um furação ou de um desastre sobre qualidade do ar. Em conservação e restauro, enunciando determinados valores que condicionam o estado de conservação de um objecto, poderá ser possível prever o andamento da sua alterabilidade. Por exemplo, avaliar o aumento de tensões com rasgões em pinturas sobre tela, ou evolução de fendas e fissuras em pinturas sobre madeira. Fenómenos de corrosão e alterabilidade nos suportes de pintura sobre cobre podem, eventualmente, ser previstos em relação à evolução da extensão das alterações.
[340] Vd. GRANCHO, Norberto – *Origem e Evolução Recente dos Sistemas de Informação Geográfica de Portugal*. [S.l.]: Quimera Editores, Lda., 2006.

rotas mais eficientes para veículos de emergência e corredores viários de transportes públicos, documentar processos relacionados com a gestão do território e para quantificar e analisar padrões de distribuição espacial dos mais variados fenómenos e para relacionar tais fenómenos entre si. Muitos campos diferentes estão envolvidos nas actividades abarcadas pelos SIG, e que a estes recorrem. Algumas dessas disciplinas são: a cartografia, a geografia, a engenharia civil, a ciência da computação, a engenharia ambiental, o planeamento e urbanismo, a topografia, a fotogrametria, a geodesia, e a detecção remota, entre outras.

Para a compreensão do modo de estruturação da informação com que os SIG lidam é fundamental entender o sentido do termo camada *(layer).* Este designa um estrato com uma separação lógica, de acordo com um tema ou assunto.

Além de permitirem o armazenamento e análise de dados espaciais, uma importante característica dos SIG, e uma das principais vantagens da sua utilização, são as consultas (*queries)* que podem ser feitas ao sistema. Estas são de dois tipos: espaciais e não espaciais. No que diz respeito ao primeiro caso, estão frequentemente envolvidas pesquisas com pontos, linhas ou polígonos, protótipos geométricos do modelo vectorial utilizado em SIG, adiante discutido. Estes elementos em ambiente cartográfico permitem, de um modo geral, operar por sua vez em domínios como a sobreposição de áreas, o cálculo de zonas de influência, ou a obtenção de distâncias entre esses elementos. Quanto às consultas de atributos (não espaciais) pode-se pesquisar dados relativos a uma multiplicidade de itens, característicos dos elementos com representação espacial: designações, categorias, ou quaisquer outros que descrevam as características dos elementos.

Quanto à introdução de dados no computador (*input*), pode-se fazer entrada de dados pelo teclado, pela digitalização ou através da importação de ficheiros em formato digital[341]. O produto final gerado nos SIG pode ser na forma de ficheiro, de cópia

[341] Nas pinturas de cavalete o principal modelo para introdução de dados é feito, sobretudo, em três níveis: entrada de imagens em formato *raster,* tipo *JPEG ou *TIFF; edição manual das imagens com o teclado e introdução de dados par atributos também manual. A digitalização matricial, ou seja, a

impressa em papel ou mostrado no monitor. Alguns produtos podem ser relatórios estatísticos, mapas temáticos, gráficos e texto correspondente.

Nos SIG há ainda a possibilidade de se separar os dados por camadas temáticas (*layers*), armazenando-as de modo independente e de efectuar operações de análise distintas das presentes nos programas de tratamento de imagem, combinando, num mesmo programa, a informação gráfica ou espacial com a alfanumérica, esta última mantida em tabelas designadas *de atributos*. Enquanto os dados espaciais descrevem a localização geográfica de várias entidades, tais como as áreas de código postal, limites de regiões e estradas ou vias em termos de coordenadas, as tabelas de atributos mantêm a informação relativa às características dos elementos identificáveis nos dados espaciais.

5.2 Modelos Geográficos

Nos SIG consideram-se vários arquétipos operáveis que constituem bases de dados com informação georreferenciada, sendo os principais o modelo matricial, que em inglês é designado por *raster*, e o vectorial (Figura 21).

O modelo matricial centra-se nas propriedades do espaço, compartimentando-o em partições regulares e fixas designadas por "células", integrantes de uma matriz. As células correspondem aos pixéis de uma imagem em formato digital (Figura 22) e armazenam números que representam uma grandeza medida ou uma associação a uma categoria. Posicionalmente, os fenómenos ou entidades a representar encontram-se condicionados pelas características da matriz.

No modelo vectorial, a representação dos elementos espaciais utiliza três formas geométricas: ponto, linha e polígono (Figura 23). Constate-se que é possível efectuar a

---

utilização de fotografias impressas e correspondente digitalização por meio de *scanner* permitirá produzir *raster* das fotos. Esta acção, em terminologia portuguesa, adaptada, também se tem designado como "rasterização".

conversão de dados entre os formatos matricial e vectorial, em ambos os sentidos, embora se perca informação, por exemplo, na precisão posicional.

5.2.1 Modelo de Representação Matricial

No que diz respeito à descrição do modelo e estrutura de dados matricial (*raster*), trata-se de um conceito que está relacionado com a noção de matriz ou grelha (*GRID*[342]) e célula (*cell*). O sistema é constituído por um conjunto de células, posicionadas regularmente, e para as quais se conhece a localização segundo um qualquer sistema de coordenadas. É possível associar um certo valor numérico (*value*) a cada célula. As células estão dispostas segundo linhas e colunas, como se de uma grelha se tratasse. Cada uma das células representa uma unidade no mapa. A dimensão da célula (*resolução espacial*) determina o grau de pormenor posicional e temático com que se representa a informação em causa.

A complexidade, variedade e precisão posicional de um modelo matricial é assim inversamente proporcional à dimensão da célula. A informação representada em modelo matricial pode ser classificada por categorias através de processos estatísticos, desempenhados pelos algoritmos dos programas informáticos, tendo em conta regiões (células adjacentes) ou áreas de células com semelhantes características ou com o mesmo valor. Os limites entre entidades ou fenómenos representados são obtidos à custa das mudanças de valor entre células ou grupos de células adjacentes.

Esta estruturação da informação encontra um paralelo na forma que se adoptou para o armazenamento de imagens em formato digital, fazendo uma correspondência entre pixéis de uma imagem e células de uma matriz. No entanto, uma diferença existe, pois no modelo geográfico matricial surge a necessidade de atribuir um código ou valor à

[342] "Nos sistemas de informação geográfica, designação comum das imagens que utilizam uma estrutura de dados matricial". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 167.

ausência de dados em certas células (esse valor é designado por *NoData* no *software* *ArcGIS*[343]).

Assim, o formato matricial é uma forma de representação fundamental em modelação cartográfica, e o seu processo analítico deriva originalmente de um conceito designado de ÁLGEBRA DE MAPAS[344], introduzido pela primeira vez no final de 1970 por Dana Tomlin, e por Joseph Berry em 1979. Desde então, o processo tem sido usado como referência para um conjunto de convenções, capacidades e técnicas analíticas espaciais.

A álgebra usada resulta numa linguagem em que as camadas dos mapas são vistas como variáveis, que podem ser transformadas ou combinadas por meio de operações primitivas, invocadas através de expressões de sintaxe bem definidas.

Com o objectivo de se operar processos de modelação ambiental ou de análise topográfica, a "álgebra de mapas" tem sido incorporada em muitos SIG, programas de detecção remota, de processamento de imagem, e tem sido aplicada em áreas muito

[343] "Programa de computador de sistemas de informação geográfica desenvolvido pela ESRI, destinado a computadores pessoais e a pequenas estações de trabalho". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 26. Apesar de haver disponível no mercado e de acesso livre na *Web* várias plataformas de SIG, optou-se por uma que se considerou ser a mais robusta, o *ArcGIS*[TM]. Além desse pode-se referir: *Jump;uDIG; Quantum GIS; SAGA GvSIG*; *WGSystem 2000; GRASS*. Vd.: JIMÉNEZ BERNI, José Antonio; [*et al.*] – Alternativas de software libre a los sistemas de información geográfica comerciales. *In Congreso Internacional Conjunto XVII Ingegraf – XV ADM. 1, 2 y 3 de Junio de 2005*. *In http://adm.ing.unibo.it/ADM%20Ingegraf%202005/pdf/COMUNI CACIONES%20ACEPTADAS/GIS10.pdf* (Consulta a 25 de Janeiro de 2011; 18h). Em relação ao gvSIG, trata-se de uma ferramenta que sugere ter bastante potencial para uso na conservação de bens culturais. É livre de licença, funciona em várias plataformas *hardware/software*, é usável com vários sistemas operativos correntes (*Linux, Windows, KMac OS X*), está concebido em código aberto, aceita ficheiros de outros programas do género e, entre outras vantagens mais específicas, como é a particularidade de operar com ficheiros matriciais e vectoriais, segue as directrizes estandardizadas da *Open Geospatial Consortium* (OGC) e a da União Europeia. Vd. ANGUIX ALFARO, Álvaro; [*et al.*] – gvSIG: un Cliente avanzado par las Infraestructuras de Datos Espaciales. *Forum Geográfico. Revista Científica e Técnica do IGP*, Ano II, n.º 2, Outubro (2007), pp. 15-23.

[344] "Método de análise espacial em que duas ou mais camadas de um sistema de informação geográfica são combinadas para produzir uma única. A designação tem origem na natureza destas combinações, as quais se assemelham a operações algébricas. Por exemplo, uma camada que contenha a aptidão do uso do solo para a agricultura pode ser obtida pela multiplicação de duas outras, em que a primeira representa os constrangimentos legais ao uso do solo (1 para permissão e 0 para proibição) e a segunda representa a aptidão para vários tipos de cultura (0 para terreno improdutivo, 1 para cereais, 2 para produtos hortícolas, 3 para árvores de fruto, etc.). O método é fácil de aplicar quando as camadas têm uma estrutura matricial e a mesma resolução espacial, já que as operações algébricas se realizam entre células". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, pp. 10-11.

diversas, que estendem o conceito inicial aplicado aos modelos espaciais relativos ao território.

Um conjunto de operações de álgebra de mapas utilizado na presente dissertação encontra-se listado e discutido na secção seguinte.

5.2.2 Modelo de Representação Vectorial

No que concerne à descrição do modelo e estrutura de dados vectoriais, o sistema serve-se de protótipos geométricos (pontos, linhas e polígonos) como forma de representação do mundo real. Isto pressupõe que cada ponto, linha ou polígono tenha perfeitamente definido os seus atributos e, assim, dessa forma, contenha todas as informações complementares ao seu posicionamento. As suas principais características são o rigor na representação posicional, teoricamente apenas limitada pela capacidade (espaço disponível) de representação das coordenadas, e a individualização dos elementos, feita directamente e não como num modelo matricial. Note-se que os dados cartográficos que seguem o modelo vectorial são mais adequados a representar características discretas[345] e fenómenos de fronteiras bem definidas. A título de exemplo, são normalmente utilizados no cadastro predial e de equipamentos, em representação para hidrologia, na análise de uso do solo, no urbanismo e planeamento, e na cartografia genérica e documental.

Com pontos é possível representar objectos bem definidos de pequena ou irrelevante dimensão como sejam os marcos geodésicos, as placas de sinalização, entre outras. Em cartografia, as linhas descritas por sequências ordenadas de pontos são mais adequadas para vias, redes eléctricas, rios, entre outros casos[346]. Os polígonos são descritos

[345] Discreto é uma designação que deriva da Matemática discreta, também chamada matemática finita. É o estudo das estruturas matemáticas que não suportam ou requerem a noção de continuidade. Parte dos objectos estudados na matemática discreta são conjuntos contáveis, como os inteiros.

[346] Nos SIG as posições espaciais são armazenadas num sistema de coordenadas *x* e *y*. Denote-se que a cartografia quando representada num mapa plano tem em conta a superfície curvilínea da Terra. A transformação do espaço tridimensional sobre um mapa bidimensional é chamada projecção. Sendo as fórmulas da projecção equações matemáticas que convertem os dados do sistema geodésico (latitude e longitude) sobre um elipsóide ou uma esfera para uma posição representativa sobre uma superfície plana. Este processo, na prática, vai distorcer algumas das suas propriedades (forma, área, distância). Isto leva a

posicionalmente por uma ou mais linhas fechadas, podendo ser úteis para representar todo o tipo de áreas homogéneas em certos atributos, como regiões ou subdivisões administrativas territoriais, cidades, lagos, campos de golfe, ou qualquer outro tipo de usos do solo.

No que concerne às operações básicas analíticas sobre o modelo vectorial existem em quase todos os SIG funções de interrogação, sobreposição de mapas, cálculo de envolventes e junção espacial[347]. A primeira referida, de consulta (*QUERY*[348]), permite fazer com operadores booleanos consultas à base de dados das tabelas de atributos associadas aos elementos espaciais, ou envolvendo a posição relativa desses elementos, sempre de acordo com critérios definidos pelo operador: como exemplo destas consultas é possível obter resposta às questões "*quais os pontos que têm o atributo Y com valor superior a 10*", ou "*quais as linhas que estão totalmente localizadas até uma distância de X unidades dos pontos onde Y é maior que 10*". A segunda, sobreposição de mapas (*map overlay*), possibilita a produção de novas camadas temáticas por meio da sobreposição de camadas (*layers)*, sobre as quais são executados operadores geométricos e lógicos, existindo numerosas operações. Assim, será possível calcular para dois polígonos qual a fracção que se encontre sobreposta. A função de cálculo de envolventes *BUFFER*[349] torna possível a produção de regiões envolventes, tomando valores de distância em relação aos elementos espaciais considerados. Uma situação em que o cálculo de envolventes se aplica será o cálculo da área de uma zona de protecção especial em torno de um monumento. A operação de junção espacial (*spatial join*) permite a criação ou extracção de relações espaciais entre as várias entidades geográficas com base na sua distribuição espacial, conectividade ou adjacência. Através

---

concluir que para interpretar de modo geográfico e fidedigno um mapa é necessário ter uma indicação do modelo de projecção, aquele que foi utilizado para fazer a distorção.

[347] Vd. MILLER, H. J.; SHAW, S. – *Geographic information Systems for Transportation – Principles and Applications*. Nova Iorque: Oxford University Press, 2001, pp. 218-225.

[348] "Forma de comunicação com uma base de dados que utiliza um conjunto de comandos de consulta (*queries*) com uma determinada sintaxe, através dos quais os dados são manipulados e explorados. A linguagem de *query* mais utilizada é o SQL (*Structured Query Language*)". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 277.

[349] "Num sistema de informação geográfica, *buffers* são os polígonos que resultam de uma operação de análise de proximidade, destinada a estabelecer áreas de influência em torno de pontos, linhas ou outros polígonos, a determinada distância destes. São utilizados, em particular, para definir zonas de interdição em torno de determinados objectos geográficos ou para estimar a extensão da influência de certas actividades". Extraído de IDEM, *Ibidem*, pp. 49-50.

deste tipo de operador será possível, por exemplo, associar atributos a pontos em função dos polígonos nos quais esses pontos se incluam.

5.3 Operações de Informação Geográfica

De seguida, em modo de contextualização teórica, expõem-se diversas funcionalidades passíveis de utilizar nos SIG, e que foram objecto de estudo laboratorial na presente investigação. Tais aplicações demonstram-se em detalhe no capítulo seguinte, onde é feito o relato das operações com casos de estudo.

5.3.1 Georreferenciação

Em SIG, os dados em formato matricial são geralmente obtidos tendo por base imagens (digitalização de mapas ou inserção de fotografias aéreas ou imagens de satélite), ou por interpolação a partir de dados no formato vectorial. Com a excepção deste último caso, é frequente que alguns registos, em condições normais, não contenham informação relativa à referência espacial, nem qualidade geométrica. Assim, para usar esses dados em conjunto com outros dados geográficos, é fundamental começar por atribuir coordenadas a certos pontos na imagem ou no resultado da digitalização ou efectuar ajustes de correcção geométrica, num processo designado por georreferenciação[350]. Trata-se de um processo combinado que lida com a distorção e permite a atribuição de um sistema de coordenadas. Esta operação, por extensão do seu uso, é também aplicável em fotografia digital de pinturas.

Para fazer o ajuste dos pontos no *software* SIG nas situações tradicionais são normalmente usados vértices geodésicos, esquinas de edifícios, postes, etc., para os quais é possível fazer uma correspondência. O número de pontos a associar designa-se

[350] Vd. ESRI, a – Georeferencing a raster dataset. ArcGIS Desktop 9.3 Help. *In http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Georeferencing_a_raster_dataset* (Consulta a 1 de Maio de 2010; 16h).

por ligação (*link*) e a quantidade depende da complexidade da transformação polinomial eleita para o processo. Sublinha-se o facto de quer o ajuste com muitos pontos não é uma vantagem significativa. Ao invés disso, deve-se evitar concentrar os pontos numa determinada região e de preferência escolher pontos dispersos, como os cantos da imagem e outros dispersos no centro. A minimização do erro ocorre pelo facto de se ter melhor resolução espacial e imagens de maior escala.

Do ponto de vista matemático, uma georreferenciação consiste num ajuste de uma imagem sem informação de coordenadas através de uma transformação [351]. As transformações mais simples recorrem à translação, alteração de escala e rotação (Figura 24) utilizando pontos designados por pontos de controlo (os pontos em que se conhecem as coordenadas da imagem e as coordenadas na geometria de referência):

a) A translação consiste num deslocamento segundo uma dada direcção[352];
b) A alteração de escala faz-se pela multiplicação de cada uma das coordenadas por um valor[353];
c) A rotação, mais complexa, compreende a manipulação trigonométrica de pares de coordenadas.

---

[351] Os passos básicos para georreferenciamento de uma imagem com *ArcGIS*™ são: caso não esteja visível, adicionar a barra de ferramentas "georeferencing"; introduzir no projecto as camadas a ajustar; marcar pontos de controlo no *raster* e depois na camada vectorial (primeiro faz-se a marca de cruz verde e depois a vermelha); no final, para salvar o georreferenciamento seleciona-se *Update Georeferencing* e de seguida *Rectify* para produzir o *raster* final. Este deverá ser adicionado ao projecto via *Arc Catalog*™. Para acompanhamento do exercício pode-se usar o *View Link Table*. Vd. COLUMBIA UNIVERSITY LIBRARIES – Georeferencing an image in ArcGIS, *In http://library.columbia.edu/indiv /dssc/eds/georef.html* (Consulta a 9 de Janeiro de 2012, 23h). No *software Autodesk Map 3D*™ a georreferenciação, ajuste da posição e escala, é designada por transformação (t*ransformation*). Vd. SOUSA, João – *Sistemas de Informação Geográfica com o Autodesk Map 3D*. Lisboa: FCA, Editora de Informática, 2005, pp. 172-173.

[352] Se tivermos, por exemplo, um ponto com as coordenadas {10,5; 7,8; 2,12}, com um ajuste de +10 no eixo dos X e +5 na direcção Y, temos como novas coordenadas {20, 10; 17, 13; 12, 17}.

[353] É semelhante ao anterior. Numa escala de 3, tendo como referência o ponto {10,5; 7,8; 2,12} teríamos {30,15; 21,24; 6,36}.

Na prática, no processo da georreferenciação é necessário combinar as três operações. Para efectuá-la usam-se funções polinomiais para transformar as coordenadas[354]:

a) Quando se aplicam as três funções (translação, escala e rotação), mas não ocorre alteração de formato da imagem original, denomina-se transformação ortogonal ou de primeira ordem.
b) Na transformação de segunda ordem, designada de transformação afim, ocorre um ajuste da forma.
c) Na de terceira ou ordem superior, designada de transformação projectiva, produz-se a rectificação.

A transformação de primeira ordem serve frequentemente a maioria das necessidades de uma operação de georreferenciação. Com um mínimo de três ligações entre pontos (*links*), a equação matemática de primeira ordem pode ser suficiente. Mais de três *links* introduzem um maior erro, ou resíduo. Quando a ordem de transformação é maior, podem ser corrigidas distorções mais complexas. No entanto, os polinómios de terceira ordem raramente são necessários[355].

A precisão do posicionamento relativo dos elementos pode ser medida por vários índices, como a média da raiz dos quadrados dos resíduos que resultam da transformação, quando há mais pontos de controlo do que a ordem dessa transformação[356]. Para a correcção geométrica com pontos de controlo determina-se os coeficientes dos POLINÓMIOS[357] que estabelecem a relação entre a geometria da imagem de base e a georreferenciada.

---

[354] Vd. ESRI, a – Georeferencing a raster dataset. ArcGIS Desktop 9.3 Help. *In http://webhelp.esri. com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Georeferencing_a_raster_dataset* (Consulta a 1 de Maio de 2010; 16h).

[355] Vd. IDEM, *Ibidem.*

[356] Vd. CONOLLY, James; LAKE, Mark – *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006, pp. 86-89.

[357] "Equações matemáticas com dois ou mais termos usados para determinar superfícies. Quanto mais complexo é o polinómio mais complexo é o cálculo da superfície". Extraído de DEMERS, Michael N. – *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 1997, p. 471.

Exemplos de polinómios lineares são os do tipo:

$$X = a_0 + a_1 i + a_2 j$$

$$Y = b_0 + b_1 i + b_2 j \qquad (8)$$

Em muitos casos é suficiente a utilização de polinómios lineares, que descrevem as transformações como translações, alterações de escala e rotações, enquanto em outros mais complexos se recorre a polinómios de ordem superior, isto se o objectivo for o de incluir deformações, tais como torções e encurvamentos.

Numa georreferenciação – além de se desenrolar a transformada pelo polinómio – é ainda necessário atribuir valores aos pixéis da imagem colocada na nova posição. Essa atribuição pode designar-se por reamostragem. As escolhas habitualmente mais utilizadas para a reamostragem são de INTERPOLAÇÃO[358], como o método do vizinho mais próximo, o método de INTERPOLAÇÃO BILINEAR[359] e o método de INTERPOLAÇÃO BICÚBICA[360]. O método do vizinho mais próximo é eficiente do ponto de vista computacional, sendo dado pela expressão[361]:

$$d = \sqrt{(i - i')^2 + (j - j')^2} \qquad (10)$$

[358] "O processo através do qual é estimado o valor de uma quantidade, num ponto intermédio, enquadrado por valores conhecidos. Em duas dimensões, consiste na determinação do valor de uma função num ponto de abcissa x_0, conhecidos os valores para $x<x_0$ e para $x>x_0$. Existem variados métodos de interpolação, o mais simples dos quais é a interpolação linear, que une os dois pontos que se encontram de um e de outro lado da abcissa para a qual se pretende interpolar com um segmento de recta. A interpolação polinomial, que faz passar um polinómio de grau *n* pelos *n+1* pontos próximos, e a interpolação por *splines*, são outras formas comuns de interpolação em duas dimensões". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 181.

[359] "Técnica de interpolação espacial utilizada na reamostragem de imagens matriciais, em que os valores dos novos *pixels* são calculados com base nos valores dos 4 *pixels* mais próximos da imagem original. O método é utilizado em SIG e durante o processo de ortorrectificação de fotografias aéreas e de imagens de detecção remota". IDEM, *Ibidem*, p. 181.

[360] "Técnica de interpolação espacial em que os valores dos novos *pixels* são determinados com base nos valores dos 16 *pixels* mais próximos da imagem original. Tal como a interpolação bilenear, o método também é utilizado em SIG e durante o processo de ortorrectificação de fotografias aéreas e de imagens de detecção remota". IDEM; *Ibidem*, p. 181.

[361] Vd. FONSECA, Ana Duarte; FERNANDES, João Cordeiro – *Detecção remota*. Lisboa: Lidel, 2004, pp. 64-69.

onde *i,i',j,j'* dizem respeito à localização dos pixéis, em função da linha e coluna, da imagem não georreferenciada e a georreferenciada.

A georreferenciação é, assim, um processo essencial para se obter uma referência métrica nos dados – o que irá permitir a análise espacial quantitativa em unidades significativas em si mesmas: se assim não fosse, poder-se-ia delimitar a zona numa imagem que tivesse uma determinada característica, mas não se saberia qual a sua área. Além disso, também permite um correcto posicionamento das várias camadas (*layers*) para as relacionar conjuntamente.

5.3.2 Funções de Álgebra de Mapas

As funções que operam no domínio espacial (ou plano da imagem) e que actuam directamente sobre uma matriz de células podem-se designar "álgebra de mapas". Segundo Burrough e MacDonell (1998), um modo de agrupar essas funções é em dois grupos, funções de "ponto" e de "janela"[362]. No entanto, os autores DeMers (1997) e Matos (2008), com base nos trabalhos de Tomlin (1990) preferem classificar do seguinte modo:

a) Funções Locais;
b) Funções Focais;
c) Funções Zonais;
d) Funções Globais.

O modo de classificação supra indicado é o formato utilizado na presente dissertação para exposição dos conceitos.

---

[362]Vd. BURROUGH, Peter; MacDONELL, Rachael – *Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics*. Oxford: Oxford University Press, 1998, pp. 183-189. Segundo João Matos, podemos ainda incluir nos sistemas matriciais as funções de interpolação, por via da utilização de conjuntos de polinómios (*IDW*, *splines* e krigagem). Acerca das funções estatísticas utilizadas nos modelos matriciais consultar o capítulo V em: MATOS, João – *Fundamentos de Informação Geográfica*. Lisboa: Lidel, 2001, pp. 115-125. No *software* SIG, por exemplo, em *ArcGIS*™ e na extensão *Spatial Analyst*™, podemos encontrar na sua biblioteca de ferramentas, *ArcTool Box*™, algumas das funções de análise referidas.

Para o cálculo do valor de uma célula, as FUNÇÕES LOCAIS têm em conta somente a célula ou células na mesma posição (linha, coluna) de uma camada ou da combinação de duas ou mais camadas. As operações desta tipologia podem ser a RECLASSIFICAÇÃO[363] e as operações aritméticas e estatísticas. A reclassificação não é mais do que a alteração dos valores das células de acordo com uma regra de transformação (por exemplo, valores inferiores a *x* são transformados em 1 e superiores a *x* são transformados em 2).

As FUNÇÕES FOCAIS fazem cálculos que incluem necessariamente células na vizinhança da célula para a qual se está a calcular o valor, uma vizinhança com formato próprio (circular ou rectangular), à volta de cada uma das células. Esse formato é constituído por uma "janela" que sequencialmente faz correr, em cada célula *Ci,j* (posição espacial na coluna i e na linha j), uma função estatística. Qualquer célula que esteja inscrita nessa área da "janela" é alvo do processamento. A "janela" quadrada de 3x3 células é a mais comum, mas outros tipos de formatos podem ser aplicados. A equação geral para uma matriz rectangular $C_{i,,j}$ de tamanho (2m+1 por 2n+1 células) é a seguinte:

$$C_{i,j} = f\left(\{C_{k,l} : i - m \leq k \leq i + m, j - n \leq l \leq j + n\}\right) \qquad (11)$$

onde:

f é um qualquer operador funcional e $c_{k,l}$ é o valor de cada célula na posição k,l.

Para aplicação da função, várias podem ser as estatísticas escolhidas para processamento: maioria, máxima, média, mínima, minoria, amplitude, desvio padrão e soma.

---

[363] "Num SIG ou imagem classificada (…) alteração do número ou limites das respectivas classes. A reclassificação não é mais do que uma nova classificação, realizada com o fim de melhor representar e explorar a informação". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 280.

As funções focais têm aplicações interessantes no processamento de imagens digitais. Por exemplo, a função de mediana focal, também designada de filtro "passa-baixo", possibilita a remoção dos valores extremos nas células, o que leva a produzir imagens mais suaves[364]. O filtro da mediana consiste em substituir o valor de uma célula pela mediana da vizinhança dos níveis de cinza dessa célula, ao invés da média[365]. Essa abordagem proporciona uma redução de ruídos sem "borrar" a imagem. Em estatística, no caso de dados ordenados de amostras de tamanho *n*, se *n* for ímpar, a mediana será o elemento central (n+1)/2. Se *n* for par, a mediana será o resultado da média simples dos elementos n/2 e (n/2) + 1. Na estatística de maioria, minoria, máxima, mínima, média e soma, se o valor de entrada (*input*) na matriz é um número inteiro, resulta como valor de saída (*output*) um número inteiro. Se os valores de entrada não forem números inteiros, também não originam valores de saída na forma de números inteiros.

As FUNÇÕES ZONAIS são semelhantes às funções focais. A vizinhança não tem, no entanto, uma forma fixa e pode ser definida por outra matriz. Usam-se grupos de células com o mesmo valor (ou classificadas como a mesma entidade) para elaborar uma estatística e cálculo geométrico numa zona mais ampla do que a "janela" das funções focais. Esses grupos de células de valor comum designam-se por *zonas*, e daí o nome deste grupo de funções. Todas as estatísticas utilizadas nas funções focais, aquelas que operam segundo uma janela, podem ser utilizadas nas funções zonais. Uma função zonal passível de se utilizar é o agrupamento de *regiões* (*region grouping*), sendo as regiões definidas como as zonas contíguas. Isto significa que podem existir várias regiões dentro da mesma zona.

As funções zonais têm aplicações muito diversas. Tome-se por exemplo que a operação de "limpeza de fronteiras" (*boundary clean*) é uma função zonal utilizada para "suavizar" a forma do contorno das zonas fazendo uma expansão das células classificadas com um dado valor em todas as direcções, sobrepondo-se aos valores anteriores das células nessa vizinhança, para depois as fazer retrair num processo

---

[364] IDEM, *Ibidem*, p. 186.

[365] Como exemplos, para a população de 1, 3, 5, 7, 9, a mediana é 5, igual à média. Para a população de 1, 2, 4, 10, 13, a mediana é 4, enquanto a média é 6. Para as populações pares de 1, 2, 4, 7, 9, 10, a mediana é (4+7)/2, que é 5,5.

inverso. Este fenómeno provoca uma alteração de valores nas células mais próximas do limite original das zonas.

Nas FUNÇÕES GLOBAIS incluem-se as operações de posição que consideram distâncias para obter diagramas de Voronoi em formato matricial, triangulações, funções de propagação (distâncias a elementos) e cálculo de densidades, entre outras funções não classificáveis neste grupo.

5.3.3 Função de densidade: estimador Kernel

Trata-se de uma função que, quando aplicada em SIG, tem a particularidade de dar uma melhor informação visual de um evento ou de um conjunto de eventos numa superfície. Sendo um método estatístico, a função de densidade (*kernel*) apresenta-se como uma ferramenta muito útil para a percepção e visualização da extensão de certos fenómenos.

Em SIG, do ponto de vista espacial, os fenómenos e ocorrências numa superfície que têm como ponto de partida pontos ou linhas estão associados ao raio de acção desses mesmos eventos num determinada vizinhança ou região de influência. Na prática, em função dos valores das células (pixéis), pode-se ter representações que podem dar um aspecto gráfico mais ou menos suavizado ao mapa temático. Particularmente, na zona específica do evento/fenómeno e na sua periferia pode-se observar um decaimento mais ou menos acentuado.

As situações mais correntes de aplicação da função dizem respeito à utilização para análise de padrões, estimar a densidade de casas, delitos criminais, redes viárias, entre outras. A importância deste operador é bastante significativa porque permite que se observe muito facilmente num mapa temático a área de preponderância e a distribuição de certos acontecimentos[366].

---

[366] Vd. ESRI, b – ArcGIS Resource Center. How Kernel Density works. *In http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_Kernel_Density_works/009z00000011000000/* (Consulta a 4 de Janeiro de 2012; 20h).

Para Fernando Lucambio, do ponto de vista estatístico, a função de densidade é um conceito fundamental e é passível de ser empregue em "análise exploratória" ou "análise confirmatória"[367]. Trata-se de uma função possível de se utilizar no estudo de conjuntos de dados, tendo também a capacidade de analisar dados que não se assumam com comportamentos específicos. Apresenta-se como uma função real mensurável, não negativa, que satisfaz a condição:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$$

Actualmente, a proposta mais importante entre os estimadores da função de densidade, dita de estimador *kernel*, derivam das ideias de Rosenblatt (1956) e de Parzen (1962). Por esse motivo, também se designa de estimador Rosenblatt-Parzen.

5.3.4 Segmentação e Classificação de Imagens

Segundo Pedrini e Schwart (2008), a segmentação é um dos passos intermédios no processo de interpretação dos dados nas imagens digitais, que representa o processo de agregação de células em classes ou regiões com atributos semelhantes[368]. Enquanto para Castleman, indica que uma imagem digital pode ser analisada em três fases: segmentação dos objectos, extracção de características e classificação[369]. Assim, após o processo de segmentação, vários atributos do tipo de área, forma, cor e textura do objecto identificado na imagem podem ser extraídos, e no final pode-se efectuar uma classificação da imagem.

Uma imagem digital pode ser descrita como uma função contínua *F(x,y).* A variável dependente é a densidade (valor dos pixéis) e a independente *(x,y)* é uma variável

[367] Vd. LUCAMBIO, Fernando – Estimador Kernel da função de densidade. *In http://people.ufpr.br/~lucambio/CE210/destimator.pdf* (Consulta a 4 de Janeiro de 2012; 20 h).
[368] Vd. Capítulo 5 do livro de PEDRINI, Hélio; SCHWARTS, Willian – *Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações.* São Paulo: Thomson Learning, 2008, pp. 151-206.
[369] Vd. CASTLEMAN, K. R. – *Digital Image Processing*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1996, p. 448.

espacial que confere uma localização na forma de coordenadas. A imagem digital pode assim ser representada por

$$g= f(\Delta x \cdot j, \Delta x \cdot i)$$

onde g é o nível de radiação energética, Δx e Δx o elemento discreto da dimensão do pixel e $j=0, 1, 2, \ldots N-1$, $i=0, 1, 2, \ldots M-1$ são os endereços dos pixéis, e M e N são o número de colunas e linhas. Os valores dependentes e independentes são, geralmente, inteiros[370].

Nos SIG, a classificação de imagens é um processo que visa associar a cada *pixel* de uma imagem uma classe – definida previamente ou a definir no próprio processo – de acordo com características relacionadas com o valor da célula. Como tal, depois de produzido o agrupamento de pixéis com valores iguais ou próximos numa mesma classe, pode-se elaborar um mapa temático.

Uma técnica muito simples de segmentação, designada de limiarização (*gray-level thresholding*), poderá ser feita com base na análise do HISTOGRAMA[371] e nos níveis de cinza de uma descontinuidade. Trata-se de um método que, por via da determinação de um limiar (valor de corte ou charneira), separa o histograma em dois grupos, e permite dessa forma elaborar duas classes de regiões com valores abaixo e acima desse valor de referência. Se tivéssemos um histograma com um intervalo de 0 a 255 e aplicássemos um limiar a 100, de 0 a 99 teríamos a classe 1 e de 100 a 255 a classe 2. Se o histograma apresentasse dois picos distintos de níveis de intensidade diríamos que estaríamos perante um histograma bimodal.

---

[370] Vd. BERBERAN, António – *Elementos de Fotogrametria*. Mem-Martins: Gráfica Europam, Lda, 2003, p. 68.

[371] "O histograma é um gráfico de barras de uma imagem, onde são indicados os números de *pixels* ou células, em função da intensidade dos seus valores. Através da visualização do histograma de uma imagem obtemos uma indicação da sua qualidade, nível de contraste e seu brilho médio, e se a imagem é predominantemente clara ou escura. Normalmente, o 0 (zero) é considerado o negro, e 255 é considerado o branco". Extraído de. FILHO, Ogê Marques; NETO, Hugo Vieira – *Processamento Digital de Imagens*. Rio de Janeiro: Brasport, 1999, p.55.

Cada elemento do conjunto de células é calculado num histograma como[372]:

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \tag{12}$$

onde:

$0 \leq r_k \leq 1$

k = 0, 1, ..., L-1, onde L é o número de níveis de cinza da imagem digitalizada;

n = número total de células na imagem;

$p_r(r_k)$ = probabilidade do k-ésimo nível de cinza;

n_k = número de células cujo nível de cinza corresponde a k.

Do ponto de vista matemático, a operação de limiarização pode ser descrita como uma técnica elementar de processamento de imagens, na qual uma imagem de entrada *f(x,y)* com N níveis de cinza produz à saída uma imagem *g(x,y)*, chamada de imagem limiarizada, cujo número de níveis de cinza é menor que N. Geralmente, *g(x,y)* apresenta 2 níveis de cinza, sendo:

$$\begin{aligned} g(x,y) &= 1 \text{ se } f(x,y) \geq T \\ &= 0 \text{ se } f(x,y) < T \end{aligned} \tag{13}$$

onde as células classificadas com 1 correspondem aos objectos e as células classificadas com 0 correspondem ao fundo (*background*) e T é um valor pré-definido, ao qual denominamos limiar[373]. Num histograma é possível tê-lo particionado com um ou, por exemplo, utilizando dois valores de limiar: T_1 = 37 e T_2 = 233.

No programa informático de SIG utilizado nos exercícios, a operação de limiarização tem a particularidade de ser referida como reclassificação (*reclassify*) e os valores limiares designam-se "valores de corte" (*break values*).

[372] IDEM, *Ibidem*, p. 55.
[373] IDEM, *Ibidem*, p. 73.

5.3.5 Classificação e Análise de Padrões: métodos supervisionados e não supervisionados

Os métodos supervisionados e não supervisionados de classificação de imagens servem para identificar agregados de células com características semelhantes e de conteúdo semântico relevante, produzindo mapas temáticos com essa classificação. Na prática, os processos de classificação deste tipo implicam o uso de determinados algoritmos disponíveis nos programas informáticos.

A classificação supervisionada é um processo de classificação de imagens onde há interacção do analista: este normalmente selecciona pixéis que se sabe à partida deverem ser associados a determinada categoria, e usa-os para treinar um classificador disponibilizado por um programa informático de modo a encontrar uma classe específica para cada um dos restantes pixéis da imagem (DeMers, 1997). Através das “amostras de treino” é produzida uma ASSINATURA ESPECTRAL[374], e elaborada uma matriz de covariância dessas áreas que servem como base para o treino do classificador. Assim, em função das áreas observadas, para extracção de características e identificação de zonas homogéneas da imagem, a classificação pode ser efectuada por máxima verosimilhança.

Se por um lado, o processamento da classificação de máxima verosimilhança pode ter por base dados obtidos pelo método supervisionado – oriundos de amostras de treino e que têm em linha de conta a assinatura espectral –, também pode processar dados de uma CLASSIFICAÇÃO NÃO SUPERVISIONADA[375], como é, por exemplo, o método *ISODATA.*

---

[374] “Em Detecção Remota, conjunto de características típicas associadas às imagens multiespectrais de um certo tipo de cobertura da superfície da Terra, a partir das quais é possível identificá-las e efectuar a respectiva classificação. As assinaturas espectrais são definidas com base nas distribuições dos números digitais nas várias bandas, não sendo geralmente possível identificar as coberturas a partir de uma única banda”. Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 29.

[375] “Em detecção remota é um processo de classificação de dados sem interacção do analista. O processo, frequentemente estatístico, selecciona pixéis aleatórios com o objectivo de encontrar similitudes espectrais entre eles e os restantes pixéis da imagem”. Extraído de DEMERS, Michael N. – *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 1997, p. 476.

Os métodos não supervisionados são aqueles onde o operador não intervém directamente, e detectam regiões de similaridade por meio de algoritmos de reconhecimento de padrões. Em geral, esses algoritmos são métodos hierárquicos, do tipo partitivos ou aglomerativos (distância entre grupos, k-médias, *ISODATA*). O processo iterativo, pela ausência de controlo do analista, tem uma classificação independente para cada célula.

5.3.6 Análise de Componentes Principais (ACP)

A análise de componentes principais (ACP) é uma operação matemática que também é utilizada frequentemente na análise de padrões. Em Detecção Remota constitui uma técnica de compressão e fusão de imagens, em processos de classificação automática[376]. No âmbito dos SIG, pode ser empregue nas imagens digitais, a fim de se produzirem mapas temáticos com novas informações.

O objectivo específico ao usar o processo é o de fazer uma abordagem estatística dos pixéis da imagem, de maneira a optimizar a interpretação da variação espectral e reduzir a redundância dos dados [377]. Trata-se de uma operação corrente em segmentação de registos digitais, para produzir subáreas com os mesmos valores de componentes principais.

Matematicamente, a operação de componentes principais consiste em efectuar uma transformação linear ortogonal às variáveis presentes, através da rotação e translação do referencial em que as variáveis originais são representadas[378]. Isso significa que ao dispor de uma imagem, por exemplo com parâmetros do espaço de cor *RGB*[379], é feita

---

[376] Vd. FONSECA, Ana Duarte; FERNANDES, João Cordeiro – *Detecção remota*. Lisboa: Lidel, 2004, p. 75.
[377] Vd. LILLESAND, Thomas; [*et al.*] – *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6.ª Ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley& Sons, 2008, p. 527.
[378] A transformação em componentes principais também poderá aparecer na literatura técnica designada como “transformação de Karhunen-Loève” ou “transformação de Hotelling”. Vd. FONSECA, Ana Duarte; FERNANDES, João Cordeiro – *Op. Cit.*, p. 73.
[379] “Modelo de cores baseado num sistema de coordenadas cartesianas, em que o espaço de cores é um cubo. As cores primárias - vermelho (R, *red*), verde (V, *green*) e azul (B, *blue*) - estão nos três vértices do

uma nova projecção dessa informação colorimétrica, para um espaço dimensional menor, construído sobre novos eixos ortogonais. Esses eixos assumem-se como novas variáveis e a isso é que se denominada a Análise dos Componentes Principais (Figura 25).

Quando o processamento da imagem sujeita à ACP ocorre, os eixos são escolhidos de forma em que a primeira componente (*Principal Component - PC1*) descreve uma significativa covariância entre as amostras, enquanto a segunda (PC2) apresenta resultados estatísticos residuais, e assim por diante (PC3).

A utilização da transformação matemática em causa (ACP) está documentada por alguns autores, especificamente na análise de imagens digitais em ambiente de bens culturais. É conhecido o seu uso para permitir uma melhor visualização e interpretação de esgrafitos e desenhos rupestres[380].

5.3.7 Métricas de Paisagem

Designam-se por métricas de paisagem (MP) um conjunto de indicadores métricos usados, sobretudo, para entendimento de estruturas ecológicas, arquitectura da paisagem e planeamento de território[381], e que surgiram no âmbito da ecologia da paisagem. Algumas dessas métricas, pela sua especificidade, dão uma descrição quantitativa de padrões espaciais, que ajudam na tomada de decisões em muitas áreas do ordenamento de território, no meio ambiente, em regiões agrícolas, rurais, questões de segurança, entre outras. São também referidas como Métricas Espaciais (ME), sendo índices que caracterizam geometricamente as unidades espaciais e as relações entre estas.

---

cubo. As cores complementares estão ciano, magenta e amarelo estão em outros três vértices, o vértice junto à origem é o preto e o mais afastado corresponde à cor branca. A escala de cinza estende-se através da diagonal do cubo, ou seja, a recta que une a origem (preto) até ao vértice mais distante (branco)". Extraído de PEDRINI, Hélio; SCHWARTS, Willian Robson – *Análise de Imagens Digitais. Princípios, Algoritmos e Aplicações.* São Paulo: Thomson Learning, 2008, pp. 471-472.

[380] Vd. MARK, R.; BILLO, E. – Computer-Assisted Photographic Documentation of Rock Art. *Coalition*, n.º 11, (2006), pp. 10-14. *In http://www.rtphc.csic.es/PDF/NL11.pdf* (Consulta a 1 de Fevereiro de 2006; 14h); LERMA, J. L.; [*et al.*] – Close range photogrammetry and enhanced recording of palaeolithic rock art. *In IAPRS, Dresden 25-27 September 2006*. Dresden: IAPRS, 2006. Vol. XXXVI, Part 5.

[381] Vd. LEITÃO, A. B.; [*et al.*] – *Measuring Landscapes. A Planner´s Handbook*. Washington, Covelo, Londres: Island Press, 2006.

A análise dos valores das MP pode ser usada na caracterização de estruturas da superfície terrestre, e, em particular, na análise de cenários com evolução espácio-temporal. Na prática, são parametrizações estatísticas que podem ser utilizadas em diversas áreas do conhecimento e, nesse sentido, consoante a especificidade do meio, podem servir para quantificar as dinâmicas espaciais.

As principais aplicações convencionais de MP têm sido verificadas nas análises florestais e mapeamentos territoriais. Como exemplos, pode-se indicar aqui: a monitorização do *National Park Bavarian Forest* [382], a ocupação do território português [383], a caracterização morfológica de cidades [384], a análise dinâmica da vegetação da floresta amazónica[385] e, entre outras aplicações, o caso muito particular de análise à paisagem remanescente de floresta com araucária, no Paraná (Brasil)[386].

Do ponto de vista prático, apesar das MP poderem ser usadas sobre informação no modelo vectorial, testou-se no estudo o seu uso no modelo matricial[387], pelo que na sequência do texto apenas são referidas as métricas aplicáveis neste último caso.

[382] Vd. BLASCHKE, [*et al.*] – 3D Landscape metrics to modelling forest structure and diversity based on laser scanning data. *In The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Freiburg, vol. XXXVI-8/W2, 2004, pp. 129-132.
[383] Vd. COUTO, P. – Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. *Associação Portuguesa de Investigação Operacional*, n.º 24, (2004), pp. 109-137.
[384] Vd. RODRIGUES, Michael Richard Barros – *A Forma Urbana em Portugal Continental: Aplicação de Índices Quantitativos na Caracterização Morfológica das Cidades*. Lisboa: Universidade de Lisboa; Faculdade de Letras; Departamento de Geografia, 2009. Dissertação em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento.
[385] Vd. WATRIN, O. S.; VENTURIERI, A. – Métricas de paisagem na avaliação da dinâmica do uso da terra em projetos de assentamento no Sudeste Paraense. *In Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 Abril 2005*, INPE, 2005, pp. 3433-3440.
[386] Vd. VIDOLIN, Gisley Paula; BIONDI, Daniela; Wandembruck – Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com araucária, Paraná, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, vol. 35, n.º 3, (2011), pp. 515-525.
[387] Vd. Capítulo VI de “Casos de Estudo e Resultados Experimentais”.

Consoante o nível de aplicação, as MP são classificadas em três tipos:

a) Métricas das Regiões (consideram as regiões);
b) Métricas das Classes (consideram as zonas);
c) Métricas da Paisagem (têm em conta todas as células da matriz).

As métricas das regiões tomam as várias regiões existentes numa matriz e permitem obter a sua caracterização estatística e geométrica. Na maior parte das aplicações são usadas basicamente no cálculo de outras métricas, tal como a área média para cada classe na paisagem total. Os valores calculados para cada uma das regiões necessitam de certa perspicácia na interpretação dos números por parte do analista.

As métricas das classes descrevem as propriedades de todas as regiões assinaladas com a mesma classe, ou seja, a mesma zona, de forma agrupada. Valores para a média de área de cada classe, perímetros das zonas, número de classes vizinhas para cada classe, entre outras opções, podem ser extraídos para o entendimento da distribuição espacial das classes.

O nível de paisagem determina propriedades estatísticas e/ou geométricas para todos os valores dispersos pela matriz que representa a paisagem. Reflecte assim a geometria e propriedades topológicas quantitativas que só se podem apreciar considerando por inteiro toda a matriz.

Há várias compilações e agrupamentos das métricas de paisagem. Por exemplo, a extensão *Patch Analyst (plugin* do *ArcGIS*^{TM}), apresenta-as divididas pelas seguintes categorias[388]:

a) Métricas de área/ de densidade/ de fronteira (*Area/ Density/ Edge Metrics*);
b) Métricas de forma (*Shape Metrics*);

[388] Vd. SPATIAL ANALYSIS ONLINE – FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. *In http://www.spatialanalysisonline.com/output/* (Consulta a 19 de Setembro de 2011, 16h).

c) Área de núcleo (*Core Area Metrics*);
d) Isolamento e proximidade (*Isolation/ Proximity Metrics*);
e) Contágio e interspecção (*Contagion & Interspersion Metrics*);
f) Conectividade (*Connectivity Metrics*);
g) Diversidade (*Diversity Metrics*);

As MP (*Landscape Metrics*) estão disponíveis em vários programas informáticos. Em particular, no *Fragstats*, difundido a partir de 1993, de distribuição gratuita na Internet, e que constitui a principal ferramenta da área da Ecologia da Paisagem e que deu origem ao tipo de modalidade de análise em causa[389]. Num primeiro exercício da presente tese recorreu-se a um programa informático da *ESRI*[390], *ArcMap*™, com uma extensão específica, designada de *Patch Analyst* (na versão 0.9.5), desenvolvida para o *ArcGIS 9.1*, pela *Geomatics Services Group*, do Ministério dos Recursos Naturais Canadiano.

Consoante o programa informático utilizado no processo, no caso do acima indicado e sua extensão respectiva, podem-se utilizar as seguintes métricas:

a) Área da classe (*Class Area - CA*);
b) Número de regiões (*Number of Patches – NumP*);
c) Tamanho médio das regiões (*Mean Patch Size – MPS*);

---

[389] Vd. ELKIE, P. C.; [*et al.*] – Patch Analyst user´s manual: a tool for quantifying landscape structure (NWST Technical Manual TM-002). Thunder Bay, Ontario: Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science & Tecnology, Feb. 1999. *In http://www.rocchini.net/ecopae/mat_did/pa_manual.pdf* (Consulta a 16 de Agosto de 2011; 13h); MCGARIGAL, K; MARKS, B. J. – *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Portland: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 1995. Os procedimentos para uso do programa informático *Fragstats* podem desenvolver-se com aplicações de ficheiros matriciais. A demostração da aplicabilidade, após conversão de *raster* binário em *raster* ASCII, encontra-se documentada em: PÉRICO, Eduardo; [*et al.*] – Efeitos da fragmentação de hábitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de informação geográfica e de méetricas de paisagem para seleção de áreas adeuqadas a testes. *In Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 Abril 2005*. Goiânia: INPE, pp. 2339-2346.

[390] Acrónimo do ingles *Environmental Systems Research Institute.* Empresa fundada nos anos sessenta, que em 1982 lança o primeiro programa informático comercial (ARC/INFO), produtora do *ArcGIS Desktop®* e outras aplicações. Vd. ESRI, c – History. *In http://www.esri.com/about-esri/about/history.html* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 2h).

d) Coeficiente da variância do tamanho das regiões (*Patch Size Coefficient of Variance – PSCoV*);
e) Desvio padrão do tamanho das regiões (*Patch Size Standard Deviation - PSSD*);
f) Densidade de fronteira (*Edge Density – ED*);
g) Índice de forma da paisagem (*Landscape Shape Index - LSI*);
h) Distância média ao vizinho mais próximo (*Mean Nearest Neighbour Distance - MNN*);
i) Área total do núcleo (*Total Core Area - TCA)*

Em suma, importa salientar que, em geral, as métricas espaciais consistem em índices quantitativos que representam as características geométricas das unidades de superfícies (regiões, zonas e a matriz por inteiro) e relações espaciais entre si. Ainda assim, importa indicar que a utilização de cada um dos índices está dependente dos objectivos da análise, não sendo necessário recorrer a todos os índices anteriormente indicados.

5.4 Modelos, Técnicas e Sistemas de Informação Geográfica em Estudos de Conservação de Património

No âmbito na Documentação, Análise e Conservação de Pinturas, nesta secção procurar-se-á fazer uma síntese dos modelos, métodos e funções analíticas expostos anteriormente no contexto da Informação Geográfica.

Nos SIG, assim como em outras áreas de conhecimento, está presente uma diversidade de conceitos e definições. Alguns deles, por vezes sem enquadramento consensual, são as ideias associadas a “entidade”, “objecto” e “atributo”. No entanto, na terminologia corrente é frequente designar-se “entidade” como um fenómeno do “mundo real”, não divisível em fenómenos semelhantes, e à representação digital desse fenómeno

designar-se por “objecto”. Em relação ao conjunto de “entidade/objecto/atributo” a literatura técnica faz nota da nomenclatura CARACTERÍSTICA (*feature*)[391].

No presente texto, a fim de se tornar o texto mais acessível, usou-se preferencialmente uma forma mais abrangente. Nesse sentido, deu-se primazia à palavra “fenómeno”. Ou seja, “representação do fenómeno” A ou B.

5.4.1 Os SIG como Instrumento na Documentação

A capacidade dos SIG em poder associar texto em tabelas acerca do estado de conservação de uma obra potencia o mapeamento temático dos locais associados aos fenómenos de superfície a documentar, revelando-se vantajosa quando comparada com os programas correntes de processamento de imagens digitais ou outras formas de arquivo. Outra interessante característica é a rápida e fácil visualização da informação no monitor.

Se bem que existam programas informáticos no âmbito do tratamento de imagem que permitem algumas funcionalidades de análise potencialmente úteis na documentação, o facto dos SIG, em geral, disponibilizarem nas suas bibliotecas de ferramentas muitos algoritmos de análise de imagem permite ao utilizador congregar no mesmo programa:

a) o armazenamento da imagem propriamente dita;
b) o armazenamento da informação alfanumérica que lhe seja associada;
c) o acesso a funcionalidades vantajosas para a sua caracterização e interpretação.

No que concerne às suas principais características, o modelo matricial tem enorme potencial para análise espacial em conservação, isto porque as fotografias digitais comuns nesta área se encontram nesse modelo de representação e isso facilita a sua

[391] Vd. GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, pp. 56-57. Por exemplo, a Norma ISO 19100, apesar de não referir “atributo”, também apresenta a palavra “característica” como uma relação entre “entidade” e “objecto”. Vd. MATOS, João – *Fundamentos de Informação Geográfica*. 5.ª Edição. Lisboa: Lidel, 2008, pag. 16.

inserção de forma directa nos SIG matriciais. Nessas condições tem a vantagem de poder incorporar dados na forma de imagem, obtidos por via dos sistemas de detecção remota, por meios fotográficos comuns, fotogramétricos ou provenientes de digitalizações de suportes físicos.

Apesar de não ser uma novidade na caracterização de fenómenos de degradação dos Bens Culturais, os SIG têm sido utilizados com alguma frequência e alguns resultados demonstram-se na documentação de alterações em monumentos pétreos. Nesses casos fazem-se registos exactos do tipo de mapeamento litológico, podendo-se anotar diversos parâmetros e factores de análise: começa-se por ter um plano ortorrectificado da superfície com os seus blocos de pedra individualizados e vectorizados; ter um mapa com indicação do tipo de pedra presente e respectiva referência numérica ou alfanumérica associada a cada um dos exemplares; mapas com alterações tipo I, II, III, etc; registo do relevo em cada bloco; anotação das tipologias de colonização biológica; categorias de danos; áreas de actuação em acções de conservação; ter ainda uma tabela alfanumérica do número de bloco, área, material constituinte e alterações, assim como gráficos de avaliação quantitativos de tipologias dos substratos pétreos e categorias de danos[392].

A título de exemplo, mas já no âmbito da conservação de pinturas, poderá ser sempre possível definir, com uma boa dose de rigor, uma área afecta a determinado tipo de destacamento. E inclusive em situações de pintura em que os destacamentos da camada cromática incluem os dois estratos – preparação e camada cromática -, deixando visível o suporte. Em ambiente de SIG, um atributo é uma propriedade ou característica – qualitativa ou quantitativa – que deve ser atribuída a certo objecto. Neste caso, em conservação de pintura, é sempre possível elencar os pigmentos ou materiais policromos presentes em determinadas regiões, assim como propriedades dos mesmos.

[392] Vd. FITZNER, Bernd; HEINRICHS, Kurt – Diagnostico de daños en monumentos pétreos: documentación, mapeo, y registro. *In* MARTÍN, Marcelo; RODRIGUEZ BARBERÁN, Javier, coord. editorial – *Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos*. Sevilha: Junta de Andalucía; Consejería de Cultura; Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 1996, pp. 123-141.

Para conseguir dispor destas funcionalidades com resultados interpretáveis (em unidades significativas e não simples contagens) será necessário primeiramente efectuar uma georreferenciação, encontrando pontos identificáveis. Após ter-se uma imagem georreferenciada pode-se adicionar ao projecto outras imagens. Um caso simples e que demonstra a sua utilidade poderia ser o de ter uma fotografia geral da pintura em fluorescência de ultravioleta, não georreferenciada, e ajustar a uma de luz visível georreferenciada ou a uma ortofotografia. Ou então, tendo uma registo geral da obra, ortofotografia, e no decorrer da intervenções fazerem-se registos de pormenor e fazer a georreferenciação tendo em conta a imagem geral de base. Após isso, pode-se trabalhar sobre esse registo de pormenor georreferenciado, de forma a verificar e extrair propriedades espaciais.

Para os conservadores-restauradores a principal desvantagem do uso do SIG é a sua elevada dependência da tecnologia computacional disponível, quer seja o equipamento (*hardware*) ou o programa informático (*software*). Porém, apesar de não ser imprescindível a utilização dos SIG no processamento da informação, poderá constituir uma alternativa aos programas de processamento de imagem, ou aos programas orientados para o cálculo numérico. A especificidade teórica da terminologia dos SIG implica, no entanto, algum conhecimento particular das ciências de informação geográfica, impondo-se na prática uma formação especializada. Por vezes, esta é também necessária para o uso de diversos programas informáticos em simultâneo, para que os dados possam ser analisados ou interpretados da melhor maneira, consoante as especificidades e os objectivos do projecto.

Quanto à utilização dos SIG, especificamente, em pintura de cavalete e retabular, não se tem verificado o seu uso frequente. Na génese da aplicação dos sistemas informáticos (SIG ou outros sistemas) em documentação de intervenções de conservação, em pintura mural, foi corrente o uso de imagens vectoriais com *CAD* durante os anos noventa na Alemanha[393] e em Itália[394]. Após essas aplicações é que se verificou, do ponto de vista

---

[393] Vd. BEHRENS, Elke – Manual or digital graphic documentation: development of standards. *In* SCHMID, Werner, ed. - *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 135-145. Neste artigo refere-se também o uso de CAD e ligação simultânea ao *ACESS*^{TM} para produção de bases de dados alfanuméricas.

metodológico, o uso dos SIG como avanço tecnológico. Os dados elaborados em *CAD* – desenhos do tipo de mapas temáticos usados frequentemente em arquitectura –, dadas às suas características vectoriais podiam ser inseridos em SIG[395]. Essas experiências, sobretudo com *CAD*, verificaram-se em muitos projectos de pintura mural e em programas de elevada complexidade técnica, como foi o caso nas intervenções nas pinturas de *Piero della Francesca*, da Basílica de São Francisco (*Cappella Maggiore*), em Arezzo, Itália[396].

Na obra anteriormente citada, *GraDoc*, um documento fulcral do ICCROM para entendimento do estado de arte da documentação em património e dos SIG, são descritas várias aplicações em superfícies arquitectónicas, suportes parietais e em mosaicos. Entre várias informações importantíssimas para o estudo da temática em causa, conta-se, por exemplo, que o emprego mais recuado de sistemas informáticos para documentação (*computer-aided*) em murais pintados e superfícies arquitectónicas ocorre por volta de 1988, por meio de um programa informático designado de *Electronic Data Processing* (EDP), com a utilização de um equipamento fora de uso na actualidade (IBM 256)[397]. Acerca de documentação e especificamente tipologias de registos gráficos importa consultar o texto de Jürgen Pursche, de Jacques Neguer *et al.*,

---

[394] Vd. PETRIGNANI, Filippo – Computer technology and the documentation of the restoration of Michelangelo´s frescoes in the Sistine Chapel (1987–1994). *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 178-188; BUZZANCA, Giancarlo – A user-friendly approach (... more about standards and customized menus in digital recording of condition). *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 147-159; ORRÙ, Marcella – Use of a standardized approach for a large-scale computer-aided graphic documentation project at the Basilica of Santa Maria Maggiore in Rome. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 161-164.

[395] Vd. PALUMBO, Gaetano – Beyond CAD: A look at data integration and analysis using GIS. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 114-123; BUZZANCA, Giancarlo, *Op. cit*., pp. 149-157.

[396] Vd. CASCIU, Stefano; [*et al.*] – The archival documentation system: the computerized heart of the restored "History of the true cross" by Piero della Francesca, *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000 pp. 208-219.

[397] Vd. LEITNER, Heintz – Visions and realities in computer-aided documentation for a private conservator: documentation is never done! *In* SCHMID, Werner, ed. - *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 107-112. No entanto, conhecem aplicações muito específicas de fotogrametria aérea com imagens múltiplas (*block adjustment*) alguns anos antes, com o primeiro computador pessoal da IBM (*desktop computer*), em 1981. Vd. KLEIN, Hermann – Block adjustment on personal computers. *In Proceedings XVIth ISPRS Congress Technical Commission III: Mathematical Analysis of Data*. Volume XXVII Part B3. Kyoto: IPRSR, 1988, pp. 588–596.

de Jun Zheng e de Simon Warrack[398]. Gaetano Palumbo refere que "análises espaciais" são produzidas, em 1997, com um SIG, a fim de registar mapas de fissuras e áreas de influência, num processo técnico que anuncia maior alcance do uso do sistema. Nesse texto, evidencia-se a importância da "análise espacial", para além do modelo comum de base de dados, de que faz parte a arquitectura habitual dos SIG[399]. O recurso a imagens rectificadas em pintura mural, resultantes de operações fotogramétricas com ortofotos e a sua integração no programa de informação geográfica – a ideia de alicerce da presente Tese – aparece também indicado na obra do ICCROM num trabalho de pintura mural[400]. Os autores Rolf-Jürgen Grote *et al.* salientam, em geral, a importância do uso de fotografias, produção de mapas temáticos e informação textual nos projectos de conservação. São ainda feitas referências a modelos documentais onde estejam presentes as seguintes técnicas mais específicas: de *CAD*; de processamento de imagens; de análise multiespectral; de registo por vídeo; de elaboração de base de dados; de análises estatísticas e matemáticas; de fotogrametria; entre outras[401]. Num projecto feito na necrópole do Vaticano expõem-se tecnologias de registo com o equipamento *Microscribe 3D Mechanical Arm Digitizer* ™ – acoplado a um computador portátil com o programa informático de modelação *Rhinoceros 3D*™ – que tinham como objectivo a reconstrução virtual em 3D, a sua disponibilização em *Virtual Reality Modelling Language* (VRML) e a implementação dos conteúdos em SIG 3D[402].

[398] Vd. PURSCHE, Jürgen – Documentation in restoration possibilities and limits of visual documentation for mural paintings. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 51-73; NEGUER, Jacques; [*et al.*] – The use of graphic documentation for monitoring conditions of frescoes and mosaics: the case of Caesarea maritima. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 83-95; ZHENG, Jun – Documentation of wall painting in China. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 97-105; WARRACK, Simon – The documentation of the conservation of the sandstone reliefs at Angkor Wat in Cambodia. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 166-168.

[399] Vd.PALUMBO, Gaetano, *Op. cit*., pp. 114-123.

[400] Vd. MURARIU, Elena; PETRESCU, Florian – Mural painting documentation as a spatial database. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 125-133; SZAMBELAN, Rafal – GIS and CAD together as an optimal solution in heritage recording for documentation, research an monitoring for wall paintings or other types of artistically valuable surfaces. *In* SCHMID, Werner, ed. – GraDoc. Roma: ICCROM, 2000, pp. 170-176.

[401] Vd. GROTE, Rolf-Jürgen; [*et al.*] – Graphic Information System for the care and monitoring of monuments: a report on a exemplary data acquisition, visualization and analysis system used for the documentation of medieval wall paintings. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 190-206.

[402] Vd. FORTE, Maurizio; [*et al.*] – 3-D Visual Information and GIS technology for documentation of wall paintings in the 'M' sepulchre in the Vatican Necropolis. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 221-238.

O arquitecto Robin Letellier (1947-2007), o ex-coordenador do projecto *RecorDIM* (*Getty Conservation Institute*), escreve sobre os níveis de registo na documentação de Património (registo de reconhecimento, preliminar e detalhe), introduzindo um estado de arte sobre o uso do varrimento *laser* em pintura mural, em mosaicos e em outros objectos culturais, e apresenta como casos de estudo três projectos em Israel: o Túmulo de Benè Hézir, em Jerusalém; o lintel do Santo Sepulcro, do museu arqueológico de *Rockefeller,* e o sítio arqueológico de *Caesarea*[403]. Sobre o programa informático *Stereospace*^{TM}, fotogrametria digital, visualização estereoscópica, modelação e medição 3D, são também dadas indicações[404]. Acerca do 3D e 4D (dimensão espaço e tempo), Adrian Heritage reflecte sobre a importância da captura e monitorização da informação relevante nessas duas dimensões[405]. Salienta-se ainda na obra do *GraDoc* o levantamento de documentos fundamentais sobre Documentação para a Conservação, preparado por Giancarlo Buzzanca, onde é feita uma exaustiva alusão a textos, que vão desde Camilo Boito, de 1883, ao do ICOM de 2000, sobre a Revisão do Código de Ética Profissional (Documentação de colecções)[406].

Em publicação recente do Ministério da Cultura espanhol (2010) encontramos exposto uma excelente perspectiva do trabalho feito na documentação gráfica dos Bens Culturais. Apesar de a obra estar orientada para a representação gráfica e geométrica (modelação tridimensional com sensores de varrimento) e não para o uso dos SIG, serve de boa referência à importância que deve ter o registo de dados com técnicas não invasivas na contemporaneidade dos estudos em Património[407].

---

[403] Vd. LETELLIER, Robin – Levels of recording and demonstration of Heritage 3D laser scanning technology for the recording and monitoring of wall paintings, mosaics and other cultural resources. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 240-254.

[404] Vd. MENCI, Luca; [*et al.*] – The stereoscopic exploration of 3-D models as instruments of knowledge, documentation and measurement for mural painting, *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 256-264.

[405] Vd. HERITAGE, Adrian – Documentation in the fourth dimension. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 75-81.

[406] Vd. BUZZANCA, Giancarlo – Selective survey of existing guidelines for conservation documentation. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 266-277.

[407] Vd. MINISTERIO DE CULTURA – *Documentación gráfica del Patrimonio*. Madrid: Secretaría General Técnica, 2010.

Se bem que se possa usar os SIG em muitas circunstâncias, a interpretação das estratigrafias pode ainda desenvolver-se, de outro modo, por meio da utilização das matrizes de Harris, concebidas especificamente para a caracterização de solos em estudos arqueológicos [408], podendo tal aplicação fornecer uma visualização bidimensional ou tridimensional do objecto de análise[409]. Este método, de impacto nulo na conservação de pinturas, entre várias limitações – associada sobretudo à disponibilização ou não da informação laboratorial do tipo de corte estratigráfico –, foi sugerido para a conservação como sistema de documentação de limpezas em superfícies policromadas, com o objectivo de serem feitos cadastros das “unidades estratigráficas” constituintes[410].

É importante clarificar que muitas das aplicações indicadas na presente tese não têm de ser feitas necessariamente com as funcionalidades disponibilizadas pelos SIG (*ArcGIS*[TM], *gvSIG*; *Quantum GIS*, entre outros). Podem ser praticadas noutros programas informáticos alternativos. Por exemplo, em pintura de cavalete está documentada a ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS[411] (ACP) com *ArcGIS*[TM] em

[408] Vd. HARRIS, E. C. – *Principles of archaeological stratigraphy*. Londres & San Diego: Academic Press, 1979. Acerca de programas livres e disponíveis na *Web* ver *ArchEd*[TM] (*https://www.ads.tuwien.ac.at/ArchEd/*); *Stratify*[TM] (*http://www.stratify.org/*) e *BASP*[TM] (*http://www.uni-koeln.de/~al001/basp.html*).

[409] O modelo corrente de apresentação das matrizes de Harris é feito com diagramas bidimensionais. Porém, métodos de visualização tridimensional de sistemas de unidades estratigráficas complexas podem ser expostos de modo dinâmico para melhor facilidade de interpretação e maior flexibilidade. Vd. STAWNIAK, Miroslaw; [*et al.*] – Dynamic 3D Visualisation of Harris Matrix Data. *In Pre-Proceedings of Virtual Retrospect 2005. November 8-10*. Biarritz; França: Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées; Archéovision de l´Institut Ausonius, 2005, pp. 32-37.

[410] Vd. VIDALE, M.; ALMEIDA, N. Proença de – Applicazione dei diagrammi di flusso stratigrafici al restauro di manufatti artistici e archeologici. *Bolletino ICR*, Nuova Serie, n.º 2, (2001), pp. 82-103; WATTS, Siobhan; [*et al.*] – The Power of the Matrix: the application of archaeological stratigraphy to the interpretation of complex paintings. *In* VONTOBEL, R., ed. – *ICOM Committee for Conservation Preprints 13th Triennial meeting, Rio de Janeiro*. Londres: James & James, 2002, pp. 479-485; BARROS GARCIA, José Manuel – The use of the Matrix Harris to document the layers removed during the cleaning of painted surfaces. *Studies in Conservation,* Vol. 49, n.º 4, (2004), pp. 245-258; BARROS GARCIA, José Manuel – Recording stratigraphic relationships among non-original deposits on a 16th century painting. *Journal of Cultural Heritage*, n.º 10, (2009), pp. 338-346.

[411] “Técnica utilizada para reduzir a redundância nos dados multiespectrais. As transformações de ACP podem ser aplicadas em duas situações: tanto como técnica de realce para posterior interpretação visual dos dados ou como procedimento de pré-processamento numa classificação automática”. Extraído de LILLESAND, Thomas M.; [*et al.*]– *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6.ª ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2008, p. 527.

painéis de pintura[412], mas poderia ter sido feita com um programa de detecção remota, o *software* livre *Opticks* (Copyright © 2008, Ball Aerospace & Technologies Corp.). Outros trabalhos, a título de exemplo, não se fizeram com *ArcGIS*™, mas com diversos programas que se têm disponíveis na biblioteca de algoritmos com operações iguais e/ou semelhantes ao dos SIG: estudo de *craquelures*[413], o uso de filtros de convolução globais em imagens da pintura *Mona Lisa*[414] e alguns casos com CLASSIFICAÇÃO DE MÁXIMA VEROSIMILHANÇA (CMV)[415]. No que diz respeito a património imóvel (edificado), vários trabalhos de classificação estão documentados[416], quer com operações de classificação, quer com operações de segmentação com operadores Bayesianos em lacunas de pintura mural chinesas[417].

Em relação ao uso dos SIG em outras áreas ligadas ao Património, são também correntes as aplicações de carácter arqueológico. Veja-se, em particular: as sugestões pioneiras de J. P. Pereira e I. P. Martins, em 1994[418]; aplicado a *Bracara Augusta*, em 2000, um sistema de informação designado de SIABRA, com filosofia de cliente-

---

[412] Vd. PIRES, Hugo; [*et al.*]– Integrating laser scanning, multispectral imagery and GIS in C&R documentation practices: A first approach using two XVI century wood paintings from Convento de Cristo in Tomar». *In XXI International CIPA Symposium, 01-06 October 2007, Athens, Greece. In http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/Athens2007/FP118.pdf* (Consulta a 4 de Março de 2009; 10h).

[413] Vd. ABAS, Fazly – *Analysis of craquelure patterns for content-based retrieval*. Southampton: Faculty of Engineering, Science and Mathematics School of Electronics and Computer Science, 2004. Tese de doutoramento.

[414] Vd. MOHEN, Jean-Pierre; [*et al.*] – *Mona Lisa. Inside the Painting*. New York: Abrams, 2006, p. 98.

[415] "Método estimativo em que os parâmetros a serem calculados são determinados de forma a maximizar a probabilidade das observações ". Extraído de TEUBER, Jan – *Digital Image Processing*. Cambridge: University Press, 1993, p. 258. Vd. Outros esxemplo de CMV em: BALAS, Costas; [*et al.*] – Hyper-spectral imaging system with embedded spectral segmentation and classification algorithms for the non-destructive analysis of artworks and manuscripts an application in paintings by El Greco. *In 9th International Conference on NDT of Art, Jerusalem, Israel, 25-30 May 2008. In http://www.ndt.net/article/art2008/papers/111Balas.pdf* (Consulta a 4 de Abril de 2009; 14h); COMELLI, Daniela; [*et al.*]– Integrated Hyper spectral and time resolved fluorescence imaging combined with statistical data analysis: diagnostic investigations of wall paintings. *In 9th International Conference on NDT of Art, Jerusalem, Israel, 25-30 May 2008. In http://www.ndt.net/article/art2008/papers/184 Comelli.pdf* (Consulta a 4 de Abril de 2009; 14h).

[416] Vd dois exemplos: LERMA, José Luis – Automatic feature recognition technique on stone monuments using visible and IR photography. *In Proceedings International Cultural Heritage Informatics Meeting*. 2. New York: Russell Sage, 2002, pp. 255-258; LERMA, José Luis – Automatic plotting of architectural facades with multispectral images. *Journal of Surveying Engineering*, Vol. 131, 3, (2005), pp. 73-77.

[417] LIU, Jianming e LU, Dongming – Knowledge Based Lacunas Detection and Segmentation for Ancient Paintings. *In VSMM 2007, LNCS*; Vol. 4820. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, pp.121-131.

[418] Vd. PEREIRA, J. P.; MARTINS, I. P. – Sistemas de Informação Geográfica: Um Instrumento para a Salvaguarda do Património Arqueológico. *In Actas das V Jornadas Arqueológicas*. Lisboa: Associação dos Arqueólogos Portugueses, 1994, pp. 9-15.

servidor e modelo relacional entidade/atributo, estruturado em três componentes com as seguintes funcionalidades: análise de dados; repositório de dados e modelos, visualizador de informação[419]; uma proposta de um conjunto de fichas/formulários normalizados, em suporte de papel e digital com tecnologias de informação[420]; Um Sistema de Informação Geográfica aplicado na Arqueologia no Município do Sabugal[421] e um sistema de informação para o Património Arqueológico e Arquitectónico do Município de Vieira do Minho[422].

Em plano académico, além da tese de mestrado pioneira de Carlos Giestal (1998), referida anteriormente, onde se sugere de forma fundamentada o uso dos SIG na arqueologia, temos também em Portugal a tese de doutoramento de Helena Rua (2004)[423], a tese de mestrado de Pedro Santos (2006)[424] e a de Célia Sequeira (2009),

---

[419] Vd. GIESTAL, Carlos Dantas – *Sistema de Informação Geográfica para a Arqueologia Urbana: o caso de Bracara Augusta*, 1998. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Braga; MARTINS, M.; GIESTAL, C. Dantas – O Projecto SIABRA: um Sistema de Informação Geográfica para a Arqueologia Urbana em Braga. *In Actas do 3º Congresso de Arqueologia Peninsular "Sistema de Informação Arqueológica. SIG's aplicados à Arqueologia da Península Ibérica".* Porto: ADECAP, 2000, pp.43-61; BOTICA Natália; MARTINS, Manuela – Sistemas de Informação em Arqueologia. A Experiência de *Bracara Augusta*. *Férvedes*, n.º 5, (2008), pp. 9-12. (Obs.: Revista dedicada ao *1 - º Congreso Internacional de Arqueoloxía de Vilalba. 11-14 junio 2008).*

[420] Vd. RIBEIRO; Maria do Carmo Franco – *A Arqueologia e as Tecnologias de Informação, Uma Proposta para o Tratamento Normalizado do Registo Arqueológico*. Braga: Universidade do Minho, 2001. Dissertação de Mestrado de Arqueologia.

[421] Vd. OSÓRIO, Marcos e SALGADO, Telmo – Um Sistema de Informação Geográfica aplicado na Arqueologia no Município do Sabugal. *Praxis Archaeologica – Revista Electrónica de Teoria, Metodologia e Política na Arqueologia*. Volume 2, (2007), pp. 9-22. *In http://www.praxisarchaeologica. org/issues/2007_0922.html* (26 de Agosto de 2008; 16h). Este trabalho foi alvo de uma comunicação anterior apresentada no Workshop APA "Documentação e Sistemas de Informação de Registos Arqueológicos", realizado em Lisboa nos dias 11 e 12 de Novembro de 2005. O estudo está desenvolvido em torno da criação e gestão de informação geográfica. Pretendendo proporcionar um novo contributo para o registo e inventariação, bem como para a própria gestão, análise e cruzamento dos dados. Numa primeira fase, o estudo relata que se procedeu à localização e à cartografia dos sítios com recurso a GPS, guardando a sua descrição numa base de dados, sob a forma de fichas individualizadas. Numa fase posterior, confrontou-se os diversos campos no decurso de estudos e análises geoarqueológicas. A investigação apresenta uma metodologia de trabalho que cruza a actividade desenvolvida pelo Gabinete de Arqueologia e o Gabinete SIG. Isso verificou-se ao nível da gestão e partilha de informação dentro do município e no alargamento do conhecimento proporcionado pelos estudos territoriais.

[422] Vd. BOTICA, Natália; [*et al*.] – O contributo das TIC para o desenvolvimento sustentado do património. *In Conferência IADIS Ibero-Americana WWW/Internet*. Vila Real: UTAD, 2007, pp. 339-403.

[423] Vd. RUA, Maria Helena – *Os Sistemas de Informação Geográfica na Detecção de Villae em Meio Rural no Portugal Romano*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2004. Tese de Doutoramento.

[424] Vd. SANTOS, Pedro José Leitão da Silva – *Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica em Arqueologia*, 2006. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova, Lisboa.

dirigida ao MODELOS PREDITIVOS [425]. Do Brasil temos informação da tese de doutoramento de Nilton Nazareno (2005)[426].

Porém, a aplicação dos SIG, especificamente em Arqueologia, não é prática recente para caracterização e levantamento de sítios[427], quer seja vista de modo bidimensional, quer seja tridimensional[428]. Trata-se de um tema que mais recentemente tem sido explorado, sobretudo, na visualização, mapeamento e elaboração de modelos de previsibilidade ou predição (*predictive modelling*), que apontam o potencial de localização de lugares de interesse arqueológicos[429]. Na prática, o objectivo da sua a utilização em Arqueologia, como sistema de registo ou como modelo de previsão[430], é o de tentar avaliar zonas de maior ou menor grau susceptível de descobrimento de

[425] "São modelos cartográficos que assentam na previsão de resultados dados por um conjunto de condições". Extraído de DEMERS, Michael N. – *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 1997, p. 471. Vd. Um exemplo de aplicação a sítios arqueológicos: SEQUEIRA, Célia Maria Alves Gonçalves – *Modelos Preditivos em SIG na Localização de Sítios Arqueológicos de Cronologia Mesolítica no Vale do Tejo*. Faro: Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Departamento de História, Arqueologia e Património, 2009. Dissertação de Mestrado em Arqueologia.

[426] Vd. NAZARENO, Nilton Ricetti Xavier – *Sig Arqueologia: Aplicação em Pesquisa Arqueológica*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005. Tese de Doutoramento.

[427] Vd. CONOLLY, James e LAKE, Mark – *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

[428] Vd. KATSIANIS, Markos; [*et al.*] – A 3D digital workflow for archaeological intra-site research using GIS. *Journal of Archaeological Science*, n.º 35, (2008), pp. 655-667.

[429] Vd. WESCOTT, Konnie L.; BRANDON, R. Joe, ed. – *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit (GIS Data Series)*. Londres: Taylor & Francis, 2006. Sobre estudos de arqueologia com SIG e modelos digitais de terreno (MDT), ver o seguinte capítulo, do livro: HAGEMAN, Jon A. E BENNETT, David A. – Construction of digital elevation models for archaeological application. *In* WESCOTT, Konnie L. e BRANDON, R. Joe, ed. – *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit (Gis Data Series)*. Londres: Taylor & Francis, 2006, pp. 113-127. No sétimo capítulo da obra apresenta-se um estudo de caso com um comparativo de aplicações de MDT (krigagem ordinária e universal, modelos de ponderação inversa (*Inverse distance weighting - IDW*) e redes de triangulação irregular (*Triangulated irregular networks – TIN*), onde a interpolação de krigagem ordinária (circular) mostrou menor erro de média quadrática (*Root mean square – RMS*). Contudo, os autores do texto deixam claro que segundo vários estudos (conferir na página 117), os vários modelos de interpolação podem dar bons resultados. Estando a qualidade final do modelo dependente dos dados de base utilizados, da precisão desejada para o MDT e no tempo que se quer despender para o processamento.

[430] Acerca do uso de *software* livre GRASS, susceptível de ser utilizado com o interface gráfico Quantum GIS, ver quatro aplicações em: BARTON; Michael; [*et al.*] – GRASS, Un potente GIS per archeologi. *In* BAGNARA, Roberto; JÁNICA, Giancarlo Macchi, ed. – *Open Source, Free Software e Open Format nei Processi di Ricerca Archeologici. Atti del I Workshop (Grosseto, 8 Maggio 2006).* Siena: Universit`a degli Studi di Siena, 2006, pp. 1-7.

vestígios[431]. Outros trabalhos particulares podem ser os seguintes: o do uso de algoritmos para detectar padrões em diferentes áreas de investigação, tais como em bases de dados, estatística, inteligência artificial e aprendizagem automática (*Data Mining*) para sistematizar a localização de sítios proto-históricos e romanos[432], a *Detecção Automática de Villae em Meio Rural no Portugal Romano*[433] e os sistemas de informação *SYSLAT*[434] e *Servitor*[435]. Acrescenta-se, ainda, que os estudos informáticos em Arqueologia não se fazem somente com SIG, mas também com modelações digitais, aplicações fotogramétricas, varrimento *laser* e ainda diversos estudos onde é possível cruzar ferramentas operativas da detecção remota[436].

Acerca do uso específico dos SIG em pintura de cavalete ou painéis de retábulos faz-se aqui nota de vários estudos: um trabalho do investigador da presente tese, desenvolvido no âmbito de estudos de investigação da Universidade Católica Portuguesa (2008)[437]; um artigo de 2010, superficialmente documentado no estado de arte, da autoria de Barros Garcia[438] e a um mais recente, de Alba Fuentes Porto (2010) focado

[431] Desde 1973 têm sido feitas diversas conferências internacionais sobre a utilização de meios informáticos na Arqueologia. Ver os contributos dados pelo grupo de trabalho: *Computer applications in archaeology* (CAA) – *Proceedings contents. In http://www.leidenuniv.nl/caa/proceedings/proceedings _contents.htm* (Consulta a 9 de Novembro de 2009; 17h).

[432] Vd. BOTICA, Natália; [*et al.*] – Data Mining e Património Arqueológico. *In* ISAÍAS, Pedro; KARMAKAR, Nitya, ed. - *Conferência IADIS Ibero-Americana WWW/Internet*. Algarve: IADIR Org., 2003, pp. 73-84.

[433] Vd. RUA, Helena – Detecção Automática de Villae em Meio Rural no Portugal Romano. *Al-madan*. Almada: Centro de Arqueologia de Almada. IIª Série, n.º15, (2007), pp. 21-27.

[434] Vd. SANTORIELLO, A.; SCELZA, F. – Un sistema informativo archeologico: L´aplicazione del *SYSLAT* a fratte di Salerno. *Archeologia e Calcolatori*, n.º 11, (2000), pp.69-92.

[435] Vd. BOTICA, Natália – *Servator. Modelo Preditivo de Apoio à Prospecção Arqueológica*. Braga: Universidade do Minho, 2004. Dissertação de Mestrado.

[436] Entre outros projectos importantes veja-se: ISPRS; CIPA – *The International Summer School in Archaeology, 3D Modelling in Archaeology and Cultural Heritage, Monte Verita, Ascona, Switzerland, 9 a 14 de Maio, 2008*. *In http://www.3darchaeology.org/material.html* (Consulta a 9 de Novembro de 2009; 17h).

[437] Vd. HENRIQUES, Frederico – *Uma introdução às técnicas de informação geográfica aplicadas à conservação da pintura de cavalete. Fotogrametria de imagens múltiplas e sistemas de informação geográfica*. Porto: Universidade Católica Portuguesa, 2008. Estudo de investigação no âmbito do plano curricular de doutoramento em Conservação de Pintura da UCP. Importa referir que, por uma questão de originalidade da presente Tese, este tema começou a ser desenvolvido e está divulgado desde 2008 no sítio electrónico da UCP, com o tema geral de "Sistemas de informação e análise espacial aplicados em conservação de pinturas de cavalete". Vd. *In http://www.artes.ucp.pt/* (Consulta a 20 de Novembro de 2011; 24h)

[438] Vd. BARROS GARCIA, [*et al.*] – Tratamientos estéticos aplicados en las pinturas murales sobre lienzo de la Galería Dorada. Parte I: Limpieza del color y Estudio de faltantes colorimétricos. *In*

exclusivamente no modelo de representação vectorial[439], muito em voga na última década do século XX, quando o *CAD* se afirma como o programa informático de referência em representação arquitectónica.

Em modo de balanço, pode-se afirmar que, tal como se operou uma mudança tecnológica do *CAD* para o SIG, e das bases de dados na forma de ficheiros – avulso – para os Sistemas de Gestão de Bases de Dados (SGBD), advinha-se que através dos inúmeros recursos informáticos que vão surgindo no quotidiano à disposição dos conservadores-restauradores, a documentação de Bens Culturais, que actualmente se faz comummente com fotogrametria e varrimento *laser*, ganhe novos percursos. Alguns deles, sugeridos na presente dissertação, em torno de metodologias de análise provindas das áreas da detecção remota e do reconhecimento de padrões, poderão ser os tais novos horizontes. Além disso, refere-se uma outra via possível, focada de modo inédito, o uso muito particular de uma extensão analítica dos SIG, designada correntemente de "métricas de paisagem", com o objectivo de promover novas perspectivas de análise através da determinação de índices quantitativos.

5.4.2 Interpretação dos Índices Quantitativos

Apesar da evidente diferença de escala entre as superfícies terrestres e as pictóricas, assume-se aqui que há uma semelhança entre as diversas entidades dos dois campos de estudo. Se observarmos em pormenor uma pintura, encontramos igualmente territórios fragmentados, que podem ser associados a regiões específicas e passíveis de analisar. Como tal, propõe-se que o uso de métricas de paisagem possa ser útil na Conservação, em particular, onde seja necessário apreciar o tamanho médio de certas áreas, a sua irregularidade e geometria, a distribuição espacial, as tendências de agregação e conexão, as adjacências de regiões, entre outras apreciações.

MARTÍN REY, [*et al.*], ed. – *Congreso Internacional de restauración de pinturas sobre lienzo de gran formato.* Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, 2010, pp. 269-284.

[439] Vd FUENTES PORTO, Alba – *Los Sistemas de Información Geográfica aplicados al estudio de las superficies pictóricas.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2010. Tese de mestrado.

Em particular, as nove métricas acima indicadas sugerem, em ambiente de análise pictórica, as seguintes aplicações:

a) A área de classe (*CA*) aponta ser útil para percepcionar a extensão de cada fenómeno de degradação e cada região específica de cada cor da pintura, providenciando informação no processo de diagnóstico;
b) O número de regiões (*NumP*) exprime directamente o número de regiões de cada classe. Esse número dá uma medida da configuração, nível de divisão e fragmentação de cada classe. Poderá dar uma informação precisa, por exemplo, da quantidade específica de lacunas ou repintes. É definido pelo número individual de regiões na área total da paisagem;
c) O tamanho médio das regiões (*MPS*) mede, como o próprio nome indica, a média de cobertura de cada classe, o que dá uma informação da heterogeneidade em relação a cada classe;
d) O desvio padrão do tamanho das regiões (*PSSD*) e o coeficiente de variação do tamanho das regiões (*PSCoV*) são mais duas métricas possíveis de utilizar, onde *PSCoV* = *PSSD/MPS*;
e) A densidade de fronteira (*ED*) é o comprimento total da fronteira entre regiões diferentes de classes distintas, dividido pela área total das classes em causa, dando também uma medida de fragmentação de cada classe;
f) O índice de forma da paisagem (*LSI*) é uma expressão interessante, onde para classe e para a área total da paisagem, se divide o comprimento de fronteiras pela raiz quadrada da área total. Na prática, esta métrica dá indicação da irregularidade de cada classe. Quanto mais alto forem os valores, menos circular é a região. Associando este índice às superfícies pictóricas, e em particular às lacunas, poderá ser útil para exprimir a quantidade de trabalho que uma reintegração cromática poderá envolver num projecto de conservação. Essa métrica exprime ainda, por cada classe, a dissemelhança de regiões;
g) A distância média ao vizinho mais próximo (*MNN*) testemunha o isolamento entre cada uma das regiões, e a distância média dessa à região mais próxima da mesma classe. Para todas as regiões da mesma classe, o valor médio é sempre calculado;

h) A área total do núcleo (*TCA*) é uma medida de forma. Entende-se por áreas de núcleo regiões que compreendem células (pixéis) centrais do mesmo tipo e onde se exclui a região de periferia. A *TCA* estima a área total ocupada por cada tipologia classe e suas células específicas.

Para a conservação das pinturas, o uso da extensão sugere na prática ser muito directo, necessitando somente de se ter no projecto um ficheiro com um sistema de representação matricial (imagem digital da pintura) e suas regiões classificadas na forma de mapa temático. No entanto, além de ser possível fazer uso em sistema de representação vectorial, não obstante a dificuldade em se aplicar numa primeira fase as MP, o cerne da questão consiste quase sempre na interpretação e análise dos dados numéricos obtidos no processo.

O processamento computadorizado não é totalmente automático. A análise dependerá das características intrínsecas do próprio objecto e do registo fotográfico inicial (imagem ou *raster*). Além disso, dever-se-á reforçar a ideia de que o rigor da apreciação das métricas está directamente relacionado com as capacidades técnicas do operador de SIG, na sua capacidade em detectar e modelar os fenómenos, assim como de interpretar os dados estatísticos produzidos pelas métricas de paisagem.

6 CASOS DE ESTUDO E RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Neste capítulo, seguindo a ordem do cronograma de trabalho desenvolvido na dissertação, são referenciadas as experiências de fotogrametria de curto alcance e de análise espacial em ambiente SIG.

Apesar da estrutura do capítulo não ter como objectivo apresentar a matéria segundo os manuais de SIG, reporta-se aqui sobretudo o elenco de aplicações, descobertas e desafios que decorreram ao longo da tese, e que dada a originalidade dos temas e respectivo confronto de dificuldades, se foram consolidando na ponte de saberes entre a Conservação e algumas das Técnicas de Informação Geográfica, julgadas neste processo, pelo autor, úteis para a inovação e desenvolvimento da área de conhecimento.

6.1 Fotogrametria e Ortofotografia

Frequentemente, as imagens fotográficas das pinturas resultam com distorções radiais, provocadas pela lente das câmaras. No âmbito do uso dessas imagens, quando integradas nos SIG, isso pode constituir um problema para a localização espacial dos fenómenos e respectivo mapeamento das superfícies pictóricas.

Tendo em conta que para fazer mapeamentos da superfície as deformações das imagens devem ser as menores possíveis, para solucionar esse problema, apresenta-se um modelo de aquisição de imagem, por meio de procedimentos fotogramétricos, a fim de produzir uma ortofotografia da pintura[440].

[440] Vd. sobre ortofotografia a obra de referência *Elements of Photogrammetry* (1983), em particular na página 324.

Um método possível de produção de ortofotografias é o de Peter Waldhäusl, sugerido em 1994, que utiliza um sistema de regras para produzir um documento fotogramétrico em arquitectura. O modelo é comummente designado de *3x3 rules*[441].

No caso particular do uso da ortofotografia em bens culturais, sabe-se que está documentada em aplicações arquitectónicas de restituição de fachadas[442], restituições de alçados a partir de fotografias antigas[443], em retábulos[444], petróglifos rupestres[445], ou, ainda, integrada num Sistema de Informação Geográfica 2D/3D[446].

Nas obras de arte de pequenas ou grandes dimensões, como sejam, por exemplo, os painéis de azulejo, também se pode ver a superfície como um espaço tridimensional, onde é susceptível de se registarem fenómenos da alterabilidade dos materiais constituintes [447] . Apesar das especificidades associadas a cada uma das áreas (arquitectura, azulejo ou pintura de cavalete, entre outras), a restituição fotogramétrica

---

[441] Vd. WALDHÄUSL, P.; OGLEBY, C. – '3-by-3 Rules for simple photogrammetric documentation of Architecture'. *In* Fryer, J. G., ed. – *Close range techniques and machine vision. Proceedings of the Symposium of Commission V of ISPRS. Melbourne, Australia, 1-4 March 1994*. *IAPRS* XXX/5 (1994), pp. 426-429.

[442] Vd. AMORIM, A. L.; MOREIRA, D. C. – Técnicas de reconstituição e de restituição digital de fachadas em edificações históricas: estudos de casos. *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*, Vol.1, n.º 4, (2007), pp. 143-148.

[443] Vd. HEMMLEB, M. – Digital rectification of historical images. *In CIPA International Symposium, Olinda, Brasil, 3-6. October 1999, IAPRS, Vol. XXXII*. *In http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/olinda/ 99c806.pdf* (Consulta a 31 de Outubro de 2008; 15h).

[444] Vd. LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO – Restitución del Retablo de la Universidad de Oñati. *In http://www.ehu.es/docarq/lda/proyectos/onati/pag1.htm* (Consulta a 8 de Março de 2008; 19h); GROETELAARSI, N. J.; AMORIM, A. L. – A fotogrametria digital na documentação do patrimônio arquitetônico. *Forum património*, Vol. 2, n.º 2, (2008), pp. 92-105.

[445] Vd. DUARTE, A. A. Miranda; ALTROCK, P. Von – The close range photogrammetry in the documentation of the rocks art. Study of case archaeological site Santinho Norte I – sc/Brazil'. *In CIPA 2005 XX International Symposium, 26 September – 01 October, 2005, Torino, Italy*. *In http://cipa.icomos. org/fileadmin/papers/Torino2005/463.pdf* (Consulta a 15 de Janeiro de 2010, 17h); LERMA, J. L.; [*et al.*] – Close range photogrammetry and enhanced recording of palaeolithic rock art'. *In IAPRS, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Dresden 25-27 September 2006*. Vol. XXXVI, Part 5 (2006), pp. 147-154.

[446] Vd. DRAP, P.; [*et al.*] – Going to Shawbak (Jordan) and getting the data back: toward a 3D GIS dedicated to medieval archaeology. *In Proceedings of the 3rd ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2009: "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures" Trento, Italy, 25-28 February 2009*. *In http://www.isprs.org/commission5/3darch09/* (Consulta a 5 de Janeiro de 2010, 22h).

[447] Vd. NOGUEIRA, F. M. S. – Ferramentas digitais de baixo custo para o diagnóstico da degradação de bens arquitetônicos. *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*, n.º 4, (2007), pp. 196-199.

de superfícies tem uma aplicabilidade transversal aos diversos tipos de Bens Culturais e permite funcionar como um documento de base ao processo de mapeamento.

Pode-se anotar também que, a produção de uma ortofotografia de uma pintura de retábulo, pode ser obtida pela modelação geral da superfície com sistema de varrimento *lase*r[448], assim como por uma montagem de fotogramas, em mosaico, com *software* de tratamento de imagem[449]. Pelo potencial de análise mensurável e quantificável das superfícies, além dos trabalhos referidos, são conhecidas aplicações na monitorização dimensional de pinturas[450].

Apesar de ser também possível rectificar imagens singulares a partir de uma fotografia de pintura sobre tela, aplicando as equações da transformação bidimensional projectivas, onde o eixo *Z* se assume num plano[451], se houver empenos do suporte, o modelo aplicado não sugere ser o mais adequado. Nesses caso, será provavelmente mais apropriado produzir uma modelação digital da superfície, onde se possam apreciar os três eixos no espaço (*x, y, z*) e extrair a ortofotografia a partir desse modelo. Aliás, esta foi a questão que se equacionou no nosso exercício. Ou seja, produzir a ortofotografia a partir de uma modelação tridimensional do espaço pictórico e não da transformação do registo bidimensional.

No ponto de vista do senso comum, normalmente, vê-se as pinturas como obras planas. No entanto, a grande maioria das peças tem deformações – mesmo que ténues – do tipo de "meia-cana" ou de torção em "hélice". Pelas características geométricas das lentes

[448] Vd. PIRES, H.; [*et al.*] – Integrating laser scanning, multispectral imagery and GIS in C&R documentation practices: a first approach using two xvi[th] century wood paintings from Convento de Cristo in Tomar. *In XXI International CIPA Symposium, 01-06 October 2007, Athens, Greece. In http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/Athens2007/FP118.pdf* (Consulta a 6 de Maio de 2008; 17h).

[449] Vd. Sobre o uso do *Photoshop®* e do *VIPS* (Sistema operativo UNIX), ver em: LIE, Henry – Digital Imaging for the Study of Paintings: Experience at the Straus Center for Conservation. In FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, pp. 117-133; VIPSWIKI – Vips. *In http://www.vips.ecs.soton.ac.uk/index.php?title=VIPS* (Consulta a 6 de Maio de 2008).

[450] Vd. DULIEU-BARTON, J. M.; [*et al.*] – Deformations and strain measurement techniques for the inspection of damage in works of art. *Rewiews in Conservation*, n.º 6, (2005), pp. 63-73.

[451] Vd. DURÁN DOMÍNGUEZ, G.; [*et al.*] – Técnicas fotogramétricas aplicadas al património. *In Actas del III Congresso. La conservación infalible: de la teoría a la realidad*. Oviedo: Grupo Espanol del IIC, 2007, pp. 137-146.

fotográficas comuns é praticamente impossível fazer um registo de uma superfície de uma pintura em que se mantenham as relações métricas fidedignas com o original. Exclui-se, provavelmente, o registo fotográfico de pinturas que sejam redondas (tipo de *tondo* renascentista italiano) ou que sejam perfeitamente quadradas. Em ambos os casos, para se resolver o problema, ajusta-se a distância focal (distância entre o centro da lente e o plano do sensor). Nas restantes situações, a maioria, em que as obras são vulgarmente rectangulares, o acerto de perspectiva é geometricamente impossível. Em pelo menos dois dos lados da pintura ocorre uma perspectiva de "barril" ou de "concavidade".

Acrescenta-se ainda a ideia de que se tivermos uma pintura sobre madeira com empeno em "meia-cana", o registo fotográfico com relações métricas nunca é fidedigno. Se o empeno ocorrer no sentido vertical do painel, a medida registada fotograficamente no lado superior e inferior é efectivamente menor que a medida original. Por esse motivo se aponta a ortofotografia como uma solução para o problema (Figura 26 e 27).

A pintura de cavalete usada neste exercício foi uma obra sobre tela, executada provavelmente a óleo, que tem representado uma figura masculina, em vista de três quartos. Esta assinada por E. Laug e datada no canto inferior esquerdo (1913)[452]. Para a modelação da obra, com as dimensões de 35 cm de largura por 27 cm de comprimento, utilizou-se uma câmara digital, não métrica, *Sony Cibershot F-717®*, de 5 Megapixéis, e o *software* de calibração fotogramétrico *Photomodeler 5.0 ®*.

Os passos utilizados na modelação do objecto foram: a calibração da câmara, utilizando *software* específico; o planeamento e execução da cobertura fotográfica com imagens múltiplas; a orientação interna das imagens; a orientação externa; a orientação relativa das imagens, a orientação absoluta do modelo criado; a aplicação de texturas e a extracção da ortofotografia[453].

---

[452] Vd. Este caso de estudo foi apresentado publicamente na conferências internacionais "Colors 2008", em Évora, com o título *Photogrammetric method applied to easel paintings- Preliminary researchs in PhD Conservation of Paintings*.

[453] Vd. BERBERAN, António – *Elementos de Fotogrametria*. Mem-Martins: Gráfica Europam, Lda., 2003; GONÇALVES, Gil Rito - Fotogrametria digital. Modelação tridimensional em fotogrametria

O primeiro procedimento foi a calibração da câmara fotográfica. Teve como objectivo produzir um "relatório" da câmara, que pudesse representar na forma de ficheiro informático as suas propriedades geométricas. Usou-se para tal uma câmara fotográfica, um tripé e uma folha de calibração específica. Para esse processo, as etapas foram as seguintes: planeamento; colocação da folha numa superfície plana; e registo fotográfico da folha de calibração. O projecto prosseguiu com a adição de fotografias, feitas com imagens múltiplas e com orientação em ângulos de convergência (Figura 28), onde de seguida se foram marcando pontos homólogos entre pares de fotografias. No final do processo, aos pontos e às linhas, em vista de ARAME[454] (*wire-frame*) podem-se adicionar texturas, que no presente caso são as imagens da obra nas suas seis vistas. Com a vista frontal adicionada foi possível extrair por meio de uma operação do programa informático a vista ortogonal – a ortofotografia (Figura 29). No Apêndice II descreve-se com maior detalhe os procedimentos efectuados no projecto.

Se bem que a ortorrectificação de imagem nem sempre implique a elaboração de um modelo tridimensional como o referido, sendo normalmente suficiente operar a transformação de pontos de referência da imagem, com o sistema usado, obteve-se um documento gráfico mais completo da obra. Podendo inclusive de ter uma representação 3D, passível de ser convertida num ficheiro *VRML*, facilmente visualizável num computador. O método utilizado é um elemento fundamental para o trabalho de análise no espaço pictórico porque constitui um documento, o mais fidedigno possível, da interpretação métrica da superfície e, uma vez integrado nos SIG, permite efectuar operações de caracterização no espaço.

Sobre as vantagens da sua aplicação em pinturas de cavalete afigura-se ser um sistema simples, rápido e menos dispendioso do que as modelações com varrimento *laser* 3D. É uma ferramenta de documentação que confere informação espacial dos objectos e permite que a fase de restituição tridimensional, caso se deseje fazer em todos os planos

---

terrestre. *In https://woc.uc.pt/matematica/class/getprojects.do?idyear=4&idclass=415&* (Consulta a 18 de Fevereiro de 2009: 18h).

[454] "Uma vista de um conjunto de dados estatísticos exibidos na forma de esqueleto". Extraído de DEMERS, Michael N. – *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 1997, p. 477.

do objecto – e que é a mais dispendiosa de um projecto – seja feita mais tarde, quando for necessária. Uma limitação que deve ser tida em conta prende-se com a possibilidade de ocorrência de erros associados a imagens fotográficas de baixa qualidade e/ou com baixa resolução espacial.

Assim, com o processamento digital das imagens e com *software* fotogramétrico, obteve-se um modelo 3D, e pela especificidade do programa também foi possível extrair uma ortofotografia da pintura. O exercício demonstrou que o modelo fotogramétrico usado frequentemente em projectos de património imóvel (segundo a metodologia *3x3 rules*), pode ser adaptado facilmente a objectos de menor porte, e neste caso constituir-se como elemento de documentação científica.

Em conclusão, com a ortofotografia dispõe-se de uma base cartográfica para avaliar tipologias de ocupação de materiais existentes na superfície pictórica, como sejam, por exemplo, evidências de acções de reintegração cromática, ou anotar por meio de coordenadas os pontos e os locais específicos dos exames. Em vários campos de investigação da Conservação os registos documentais fotogramétricos podem servir de apoio à caracterização espacial das superfícies e da localização de pontos de análise de materiais (espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva; espectroscopia *Raman*, análises microquímicas, etc.), por meio da referenciação de coordenadas.

6.2 Aplicações com o Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Em todos os exercícios descritos neste subcapítulo o computador utilizado foi um *Pentium 4*, de *CPU* 3.00 GHz, com 1.0 GB de *RAM.* No processamento dos dados, em SIG matricial, utilizou-se a extensão *Spatial Analyst*™.

6.2.1 Integração de uma Imagem e Tabela de Atributos nos SIG

O presente subcapítulo demonstra, por meio de um processo simples como se pode associar informação de texto a uma imagem num projecto de métodos de exame e análise em Conservação.

O exercício ocorreu com uma pintura sobre tela, assinada por Mário Eloy. Tratou-se de uma obra intitulada de *Vista de cidade*, efectuada no século XX, mas de data precisa desconhecida. As suas dimensões são de 79,5 cm por 59,5 cm. O objectivo principal do processo foi a integração de dados obtidos por fluorescência de raios X (FRX) (Figura 30)[455].

Numa primeira fase e em ambiente SIG, após adicionar a imagem (formato *JPEG*), georreferenciaram-se quatro pontos nos cantos da obra[456], elaborou-se um polígono da área total da superfície e marcaram-se sete pontos de análise.

O projecto decorreu integralmente em ambiente SIG, com o programa informático *ArcGIS*® 9.2. Saliente-se que o processo de *insert picture* não é o mesmo de *add layer* no programa referido (no primeiro caso, a imagem não ficará disponível para a análise e serve apenas de fundo). Apesar de ser possível alterar dimensões, por via da caixa de diálogo das propriedades da imagem, a mesma não ficará contida no projecto. Só através da adição de imagem por *add layer* ficará disponível como base para análise espacial. Para a marcação de pontos, tendo a imagem da pintura por baixo na sequência de camadas, alterou-se a transparência da camada vectorial de polígonos. Após referenciação dos quatro pontos nos vértices da obra, inscreveram-se novos pontos na superfície pictórica. Na TABELA DE ATRIBUTOS[457] associada a esses novos pontos, deu-se entrada das informações obtidas no relatório do laboratório, respeitante às análises.

[455] Por dificuldades técnicas na altura do exercício, não foi possível trabalhar sobre uma ortofotografia. No entanto, teve-se em conta o uso de uma fotografia centrada, com o eixo da objectiva perpendicular ao plano pictórico.
[456] Vd. no Apêndice II o processo de georreferenciação de pontos com indicação dos procedimentos em detalhe.
[457] "Num sistema de informação geográfica, ficheiro em forma tabelar, constituído por linhas e colunas, em que cada linha representa um objecto e cada coluna representa um atributo". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 309.

Toda a informação fica gravada num ficheiro do tipo *MXD*, designado como "ficheiro de projecto". O elenco de procedimentos pormenorizado pode ser observado em Apêndice II (textos).

Os resultados das análises de FRX foram procedentes de um relatório de exame (n.º de registo 563), efectuado na Universidade Católica Portuguesa, Centro de Conservação e Restauro[458]. Os objectivos do supracitado estudo foram o levantamento dos pigmentos constituintes da pintura para confirmar a autoria da mesma, mediante a comparação de resultados com outros estudos realizados à obra do artista. A identificação dos pigmentos, apesar de limitada a materiais inorgânicos, fez-se a partir da técnica analítica de espectrometria de microfluorescência de raios X por dispersiva de energia.

A FRX é uma técnica físico-química que permite o reconhecimento pontual dos elementos químicos presentes nos estratos pictóricos até uma profundidade de 30 μm. Os espectros obtidos resultam na informação, apesar de se tratar de uma análise de ponto, dando indicação dos elementos químicos presentes em todas as camadas. Com este sistema de análise, e especificamente com o equipamento utilizado, só é possível detectar átomos com o número atómico maior do que o cloro[459]. A eleição das amostras fez-se com o intuito de satisfazer a condição de identificar os materiais utilizados pelo artista e a sua paleta cromática. As análises decorreram nas seguintes zonas: na preparação branca, no azul do mar, no negro da paisagem, no castanho térreo de fundo, no branco de uma casa, no verde da copa de uma árvore e no vermelho associado a um morro do lado direito da pintura[460].

Com o exercício de edição de uma tabela de atributos (ver Apêndice II) demonstrou-se que através de alguns procedimentos elementares em SIG se tem disponível um modo

---

[458] As análises e o relatório foram produzidos por Jorgelina Carballo Martìnez, em 9 de Maio de 2007.
[459] Foi utilizado um espectrómetro portátil de fluorescências de raios X, constituído por um tubo de raios X e um ânodo de prata, um detector Si-PIN da *AMPTEK*® termoelectricamente refrigerado com 7 mm^2 de área efectiva, 7 mm de janela de berílio, uma energia de resolução de 180 eV (FWHM), num sistema de multicanal *MCA Pocket 8000A* da *AMPTEK*®. Todos os pontos foram analisados com a energia de 25 keV, corrente de 8 mA e tempo de aquisição de 100 segundos.
[460] Referimo-nos, especificamente, à integração de *layers* do tipo de radiografia digital ou a registos fotográficos digitais da fluorescência do ultravioleta.

de armazenamento de dados espaciais referenciados de uma pintura, sendo possível adicionar mais informação *a posteriori* e confrontar com outros estudos (Figura 31). É evidente que além da elaboração de um polígono da área total, também é possível editar mais polígonos (modelo de representação vectorial), associados a determinadas áreas específicas da pintura: regiões alteradas ou com particularidades tecnológicas. O tipo de estudo, além das valências indicadas, pode ser a raiz da elaboração de um sistema de informação pictórico (SIP), que agregue todos a informação respeitante à obra, seja ela espacial ou não, e de natureza matricial, vectorial ou alfanumérica.

Numa fase seguinte, com maior conhecimento da evolução do estado de conservação do objecto, pode-se também prever alterações da superfície pictórica, no sentido da elaboração de mapas de risco. Ao assumir-se a referenciação de pontos isolados numa área espacial restrita, é possível ter um ponto de partida para as subsequentes apreciações espaciais. Em relação ao sistema tradicional de armazenamento de informação, existe a vantagem de acondicionar num único sistema a componente gráfica das obras, nas suas múltiplas formas de aquisição de informação (fotografia de luz visível, de infravermelhos ou fluorescência de ultravioletas e radiografia), assim como os resultados laboratoriais obtidos nos relatórios de análise físico-química. Isto significa que todas as análises de ponto e os seus resultados ficam referenciados espacialmente num único documento.

6.2.2 Melhoramentos na Visualização dos Registos Radiográficos

O exercício apresentado diz respeito à análise de uma imagem de radiografia digital, que documenta alterações e elementos tecnológicos da pintura *Ressurreição de Lázaro*, do Convento de Cristo, em Tomar.

As operações de processamento digital realizadas tiveram como objectivo a melhoria da imagem, a fim de realçar particularidades tecnológicas e fazer a avaliação do estado de conservação da obra. A fotografia digital utilizada como ponto de partida representa a

área global da pintura e tem como base o registo fotográfico digital do filme radiográfico em mesa de luz (Figura 32).

Em geral, o caso de estudo e o objectivo do exercício implicaram o uso de procedimentos computadorizados feitos maioritariamente com filtros direccionais (algoritmos presentes na biblioteca do SIG), susceptíveis também de serem aplicados com outros programas informáticos de processamento digital. O uso desses algoritmos, que em SIG se podem designar como filtros de função local, permitem evidenciar características das células (pixéis), segundo uma direcção predominante. No caso particular das tábuas do painel, uma vez que as mesmas estão orientadas no sentido vertical, os procedimentos permitiram obter um realce mais apurado da tecnologia pictórica.

Os procedimentos de análise espacial utilizados foram dois:

a) Funções focais de vizinhança, com filtros direccionais (vertical e horizontal);
b) Aplicação de um filtro de intervalo (*range*).

Esses filtros foram aplicados em dois momentos. Numa primeira imagem foram aplicados os seguintes: um de direcção vertical e um de intervalo (*range*). Noutra imagem, igual à primeira, foi aplicado um filtro horizontal e um de intervalo (*range*). De seguida, ambas foram multiplicadas em álgebra de mapas (*raster calculator*).

Após este ensaio laboratorial, o produto da multiplicação resultou numa imagem onde foi possível identificar com maior clareza as pranchas verticais e horizontais do painel. A representação pictórica visível na radiografia de base apresentou-se mais difusa, mas as pranchas do painel e a sua direcção de orientação ficaram mais evidentes. Na prática, o exercício resultou numa imagem com maior realce dos elementos tecnológicos do suporte de madeira (Figura 33).

Em conclusão, a utilização de filtros direccionais e de intervalo (*range*) pode servir para ampliar a percepção de alguns fenómenos de superfície de uma radiografia de um painel

de pintura e potenciar a qualidade da fotointerpretação das imagens. As operações computorizadas mostraram que podem contribuir para uma melhor qualidade da informação obtida na imagem, eventualmente útil para diagnósticos e relatórios de intervenção dos conservadores-restauradores. Se bem que o diagnóstico numa obra de arte deva ser “clínico”, ou seja, com base na sintomatologia, na observação directa e no estudo prático e de contacto, a utilização de ferramentas deste tipo, assim como outros recursos em métodos de exame e análise, pode auxiliar a uma melhor interpretação dos fenómenos de alteração e das tecnologias presentes nas peças (Figura 34).

6.2.3 Identificação de Orifícios de Insectos Xilófagos

Os orifícios de insectos xilófagos representam uma severa acção degradativa nas pinturas antigas sobre madeira[461]. Em Portugal, algumas espécies de insectos podem danificar as peças de valor cultural e artístico. Albino de Carvalho, no seu estudo extenso sobre madeiras portuguesas, refere-se ao *Anobium punctatum* e ao *Hylotrupes bajulus*, como os insectos mais activos, autóctones, que atacam as madeiras e, em particular, as obras de arte[462]. Na pintura que serve de exemplo como estudo de caso do presente exercício, o insecto não foi capturado e precisamente identificado, mas os orifícios de saída de 2 milímetros de tamanho sugerem coincidir com aqueles que são feitos pelos coleópteros comuns da mobília, o *Anobium punctatum*.

A aplicação de procedimentos com vista à identificação dos orifícios dos insectos xilófagos fez-se numa imagem digital, de uma pintura sobre madeira, do Convento de Cristo, em Tomar, obra que tem representado o profeta Isaías (Figura 35). A tecnologia de produção da pintura, pelo tipo de assemblagem dos elementos do suporte e as características técnicas do tratamento pictórico sugerem apontar a pintura para o século

[461] Ver obra de referência para o estudo de painéis de pintura em DARDES, K.; ROTHE, A. – *The Structural conservation of panel Paintings – Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1995.
[462] CARVALHO, Albino – *Madeiras Portuguesas. Estrutura anatómica, propriedades, utilizações.* Lisboa: Direcção Geral das Florestas, 1997. Volume II.

XVI, como uma produção de António Nogueira[463]. Para o presente estudo, duas imagens fotográficas digitais, em formato TIFF, foram usadas nos procedimentos de análise espacial[464].

Os processos de extracção das características dos orifícios compreenderam duas etapas: primeiro fez-se um ensaio num detalhe do painel, em três orifícios visíveis dos xilófagos (Figura 36). Em segundo lugar efectuou-se numa área mais ampla da obra, na zona inferior, onde se representa a base do nicho com dois pés e uma túnica laranja (Figura 37).

Os procedimentos aplicados na imagem de detalhe começaram com uma multiplicação das três bandas em separado (vermelho, verde e azul), em álgebra de mapas. Trata-se de uma operação do tipo de função local, que teve como objectivo expandir o valor da escala entre valores mínimos e máximos. De seguida, reclassificou-se, por limiarização e por ensaio de várias tentativas, chegando-se a um valor de corte (*break value*) ideal de 128, num intervalo compreendido de 51 a 206. Por fim, converteu-se esse ficheiro para formato vectorial, em função da disponibilidade de simbologia associável a polígonos ser maior e assim se tornar mais perceptível do ponto de vista gráfico. Essa sequência básica de procedimentos demonstrou ser suficiente para extrair orifícios, numa imagem que apresentava elevado contraste cromático entre os orifícios e regiões vizinhas.

Sinopse de procedimentos:

a) Multiplicação de bandas (função local);

---

[463] Ver semelhanças no estudo técnico do Retábulo de Ferreira de Alentejo, onde se analisa em profundidade uma outra obra de António Nogueira. Vd. SERUYA, A.; PEREIRA, M., dir. – *Retábulo de Ferreira do Alentejo*. Lisboa: IPCR, 2004. Uma escassa paleta pictórica, em tons de cor, e alguns apontamentos na tecnologia da pincelada permitem-nos aventurar a hipótese de uma correlação entre as obras. Para tal, deverá ser feito um estudo técnico integral ao painel da Charola.

[464] Este estudo foi apresentado publicamente, na forma de póster científico, em Conferência Internacional. Vd. HENRIQUES, Frederico; [*et al.*] – Application of spatial analysis operations for the characterization of wood painting features: furniture beetle holes, shellac coverage, graphite inscription and radiography. *In COST IE0601 International Conference, "Wooden Cultural Heritage: Evaluation of Deterioration and Management of Change, 7 e 10 de Outubro, de 2009, Hamburgo. In http://www.woodculther.com/?cat=4* (Consulta a 24 de Julho de 2011; 16h).

b) Reclassificação;
c) Vectorização (apenas para beneficiar de melhor simbologia).

No segundo conjunto de operações experimentais, ensaiou-se um procedimento análogo ao primeiro caso, no entanto não se conseguiu segmentar os orifícios. Isso ocorreu porque os valores das células dos orifícios são semelhantes aos da área de pintura escura.

A fim de distinguir as áreas, depois de uma multiplicação de bandas e reclassificação, fez-se uma operação de agrupamento de regiões (*region group*) para detectar cada uma das áreas distintas e contíguas. Os agregados de células foram filtrados, por selecção em tabela de atributos, para obter as áreas que são compatíveis com a dimensão dos orifícios dos insectos, através de uma operação em que se interpretou o número de células que se podiam inscrever e associar aos orifícios.

De seguida procurou-se obter as áreas/regiões que se aproximavam mais do formato circular, evidenciando aquelas que poderiam corresponder a orifícios de insectos. Assim, um indicador de forma foi considerado após cálculo de área e perímetro, com um operador de geometria zonal: utilizou-se uma razão entre perímetro e área, que quanto maior for, menos circular é o objecto.

Sinopse dos procedimentos:

a) Multiplicação de bandas (função local);
b) Reclassificação;
c) Agrupamento de regiões;
d) Edição na tabela de atributos;
e) Geometria zonal.

No que concerne aos resultados, no primeiro caso mostrou-se que não é necessária uma condição de geometria de forma para identificar os orifícios, isto porque a diferença dos

valores radiométricos entre estes e a sua área envolvente são acentuados. O método, por si só, detectou três orifícios (Figura 38).

No segundo caso foi aplicada uma condição de geometria formal e identificaram-se cinco orifícios de insecto (ver grupo A Figura 39). No entanto, o método não conseguiu reconhecer perfeitamente três orifícios adicionais (ver grupo B da figura supracitada).

A utilização do índice de circularidade, apesar de ser numa segunda fase metodológica e adicional (sendo uma operação a considerar), manifestou alguns limites. Para resolver o problema foi posteriormente necessário seleccionar os orifícios de forma não semiautomática, em tabela de atributos e em sistema vectorial. Isto indica que, nestes casos, a classificação operada tem limites e poderá necessitar da interpretação de um técnico especialista em conservação de pintura. Neste caso, assim como provavelmente em outras áreas em que se processa a análise de imagens, a intervenção de um operador especializado pode ser uma condição indispensável para a eficácia da metodologia.

Em conclusão, nos casos onde se verifica grande assimetria de valores nas células, os procedimentos aplicados para identificação de orifícios dos insectos xilófagos, com algum trabalho de computação, podem ser viáveis para se fazer uma identificação coerente e completa. Além disso, nas situações onde haja áreas cromáticas escuras, semelhantes à dos orifícios, o operador de geometria formal funcionou, mas do modo como se aplicou não teve a eficácia que à partida se esperava para a resolução do problema. Como tal, deverá ser aplicado na fase específica do pós-processamento e reconhecer que tem limites. Nas situações de elevado contraste, a segmentação no modo de reclassificação, apesar de simples, é suficiente. Acrescente-se ainda que, não obstante não ter sido executado no ensaio um procedimento elementar de contagem de células, poder-se-ia facilmente determinar a área afectada pelos insectos.

6.2.4 Quantificação de Área de um Rasgão

Uma *thangka* é uma pintura em tecido de linho, algodão ou seda e constitui uma demonstração religiosa da cultura tibetana, seja de inspiração budista ou hinduísta. No

presente caso, a pintura utilizada no exercício sugere estar feita sobre um pano de algodão (Figura 40)[465].

Trata-se de uma obra que está pintada directamente sobre o têxtil, sem camada de preparação, e tem aproximadamente as dimensões de 115 cm por 91 cm. No momento em que se fez o registo fotográfico da *thangka* a peça encontrava-se em mau estado de conservação. Apesar de não haver destacamentos e de não se observar pulverulência da policromia, o suporte têxtil com tecelagem em trama de tafetá tinha muitas ondulações e um número significativo de rasgões. Nessas dilacerações eram evidentes, colados pelo verso, alguns remendos de tecido[466].

Neste exercício explorou-se a aplicabilidade de diversas soluções SIG para caracterizar um fenómeno de superfície da obra. A metodologia aplicada no exercício esteve orientada para o diagnóstico e interpretação de um tipo de acidente comum em pinturas sobre tela – o rasgão. No caso de estudo descrito, a fim de providenciar uma parametrização métrica do rasgão, procurou-se produzir uma informação que poderá, em opinião do autor da dissertação, ser uma mais-valia para a documentação gráfica durante as acções de conservação curativa, assim como para eventuais projectos a desenvolver a montante das intervenções.

Como é sabido, as operações de análise espacial em SIG podem-se fazer em modelo matricial ou vectorial. O modelo matricial utilizado no exercício, por ser usado numa

[465] Sobre pinturas thangka, ver as seguintes referências bibliográficas (ordem cronológica): HUNTINGTON, J. – The technique of Tibetan paintings. *Studies in Conservation*, n.º 15, (1970), pp. 122-133; HUNTINGTON, J. – The iconography and structure of the mounting of Tibetan paintings. *Studies in Conservation*, nº 15, (1970), pp. 190-205; VESTERGAARD, K. – Mongolian thangka paintings from the 18th and 19th centuries: Technique and use of materials in thangka paintings. *In* BRIDGLAND, J., ed. – *ICOM Committee for Conservation, 11th Triennial Meeting Edinburg: Preprints*. Londres: James and James, 1996, pp. 388-393; COTTE, Sabine – An Evaluation of the Role of Semi-transparent Relining in the Conservation of Thangka Paintings. *Studies in Conservation*, n.º 52, (2007), pp. 2-12; COTTE, Sabine – Conservation of Thangkas: A Review of the Literature since the 1970s. *Studies in Conservation*, Vol. 56, n.º 2, (2011), pp. 81-93.

[466]Este estudo foi publicado em revista científica de especialidade. Vd. HENRIQUES, Frederico; [*et al.*] – Tear feature extraction with spatial analysis: a Thangka case study. *ECR – Revista de estudos de conservação e restauro*, n.º 1, (2009), pp. 11-23.

fotografia digital, consistiu em trabalhar sobre a grelha de células (pixéis). As operações matriciais efectuaram-se por meio do uso de algumas funções analíticas.

As operações de análise centraram-se nas seguintes operações:

a) Funções estatísticas de vizinhanças;
b) Classificação;
c) Agrupamento de células;
d) Selecção de regiões em tabela de atributos.

As fotografias digitais da *thangka* fizeram-se com uma câmara digital *Sony Cybershot* de 5 *Megapixéis*, um equipamento com um sensor *CCD* (*charge-coupled-device*). Após conversão da imagem de formato JPEG em TIFF, por via da utilização do *software Photoshop CS3*™, quando a imagem foi adicionada ao *software* de SIG (*ArcGIS 9.3*™), gerou um ficheiro matricial de 8 bits com três bandas cromáticas (vermelho, verde e azul). A imagem utilizada no projecto correspondia a um rasgão, em particular a um pormenor de uma zona do lado esquerdo da obra, junto ao queixo da representação da princesa (Figura 41). Após adição do ficheiro matricial, verificou-se que a imagem tinha 460 colunas e 632 linhas, num total de 290 720 células e 851,72 kB.

Particularizando uma descrição do processo, para melhor reconhecer uma área com uma geometria irregular e diferenciá-la do fundo podem ser aplicadas uma variedade de funções. No presente caso, o processamento da imagem digital do rasgão desenvolveu-se pela implementação de uma função focal, uma classificação, agrupamento de células em regiões (função zonal) e edição em tabela de atributos. Essa sequência de operações fez-se para explorar as capacidades do *software*, de modo que se pudesse distinguir células associadas aos limites do rasgão, assim como para promover a homogeneidade de valores no interior do rasgão.

Ainda numa primeira fase, a melhoria da imagem operou-se sobre três bandas cromáticas da imagem (vermelho, azul e verde), que se inseriram nos SIG como camadas individuais e se multiplicaram com o operador matricial de cálculo (*raster*

calculator). Essa operação gerou uma nova grelha onde foram alongados os intervalos entre os valores máximos e mínimos das células da imagem. Isso viria a demonstrar, por meio de uma visualização, uma melhor capacidade de distinção entre as zonas de “rasgão” e as de “não-rasgão”. Num procedimento posterior aplicaram-se várias funções focais à camada resultante da multiplicação e testaram-se os seguintes operadores: mínimo, máximo, intervalo (*range*), somatório, média, desvio padrão, variedade, maioria, minoria e mediana. Importa referir que a vizinhança escolhida para cada célula foi uma janela circular de raio 3 células (Figura 42). Algumas das funções estatísticas referidas produzem a SUAVIZAÇÃO[467] dos valores associados às células e outras ampliam a distinção de células do rasgão e das áreas adjacentes. Tendo em consideração essa variabilidade, também por observação, constatou-se que a função focal média era a que revelava melhores resultados de homogeneidade no interior da área do rasgão e facilitava a percepção do mesmo.

Depois da aplicação da função focal, o passo seguinte foi a reclassificação em duas classes: “rasgão” e “não-rasgão” (Figura 43). Através da aplicação de uma regra, a operação produziu novos valores às células. Por exemplo, pode-se atribuir a classe 1 a células com valores entre 1 e 50, classe 2 para as células que se encontrem no intervalo 51 a 100, e assim consecutivamente. No estudo de caso, a reclassificação fez-se para duas classes, segundo um valor de corte, que permitia uma distinção clara entre a região de rasgão e a de “não-rasgão”. Na classe 1, associada ao rasgão, resultaram 47 438 células e para a classe 2, da região “não-rasgão”, obtiveram-se 244 375 células (Figura 44). Após o procedimento, algumas células apareceram configuradas na classe 1 de modo disperso. Para alterar os seus valores e excluí-las da região 1, efectuou-se uma operação de limpeza de fronteiras, *boundary clean*. O fenómeno fez com que as células classificadas como “rasgão” invadissem a vizinhança “não rasgão”, em oito direcções, e após retracção alterassem os seus valores. Assim, células que tinham pelo menos uma célula adjacente com valor distinto foram substituídas. Após a “limpeza de fronteiras” obteve-se para a classe do rasgão 46 170 células e para a classe do “não-rasgão”

---

[467] “Um tipo de filtro correntemente designado de filtro passa-baixo, que reduz os valores extraordinariamente altos das células/pixéis através de um processo de cálculo de médias”. Extraído de DEMERS, Michael N. – *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 1997, p. 474.

245 643 células. Perfazendo um total de 291 813 células, mais 1093 células que na matriz inicial.

A operação seguinte foi a aplicação de uma função zonal – por agrupamento de regiões (*region grouping*). O resultado produziu uma nova camada, onde a cada região se atribuiu somente um código ou valor (Figura 45). Após essa operação, se forem contabilizadas as células de cada região, e se a cada célula estiver associada uma medida de área, podemos ter uma estimativa da extensão. O passo subsequente implicou a selecção não automática das regiões na tabela de atributos. No processo contabilizaram-se seis regiões. O número de células de cada região está apresentado na Tabela 1. Após a operação foi possível identificar a região associada ao rasgão (Figura 46).

ObjectID	*Value*	*Count*
24	25	543
31	32	17 442
43	44	235
44	45	127
84	85	161
87	88	243

Tabela 1 – Valores e número de células nas seis regiões do rasgão.

Em modo de discussão de resultados, com a aplicação de algumas das funções estatísticas indicadas, constatou-se a extracção de informação sobre fenómenos presentes na superfície. A aplicação dessas operações demonstrou contribuir para uma melhor caracterização da área em análise, isto quando comparado com a ausência de uma função focal no início e na sequência do processo. A classificação, apesar de não ser automática, constitui também um passo fundamental no processo. Quando o objectivo é delimitar regiões, a operação de limpeza de fronteiras pode ser útil para simplificar a percepção das células na transição dessas regiões. Contudo, exige da parte do operador um reconhecimento, em parte subjectivo, da região a analisar com o objectivo de aferir com precisão a área de análise. Após a operação de agrupamento de regiões e selecção das áreas do rasgão na tabela de atributos foi possível obter as características quantitativas de área e perímetro do rasgão.

Conclui-se que com o uso de operações matriciais básicas de análise espacial é possível extrair informação métrica de rasgões em pinturas sobre tela. A subjectividade de determinadas fases do processo, em que o operador necessita de escolher os melhores parâmetros, faz com que de momento seja difícil desenvolver o processo de modo totalmente automático. Os melhores resultados foram obtidos após a elaboração de vários testes. Para optimização dos resultados, chegou-se à conclusão que a escolha dos melhores parâmetros poderá ficar condicionada pela experiência do operador na utilização do SIG e pela interpretação do fenómeno de superfície.

6.2.5 Determinação da Área de Reintegração Cromática

Desde o século XVI, época em que se tem notícia documentada das primeiras acções de retoque em pintura efectuadas por pintores-restauradores, a reintegração tinha como propósito somente a valorização estética da obra. Foram muitas as pinturas totalmente ou parcialmente repintadas para dissimular os danos ocasionados por limpezas nefastas, por questões de gosto pessoal do proprietário ou por conjunturas políticas ou religiosas.

A reintegração cromática nas obras de arte tem como objectivo minimizar as evidências da sua deterioração e restabelecer a interpretação visual das formas e dos conteúdos iconográficos dos objectos artísticos. Esse processo, nas práticas de restauro, pode implicar uma acção directa nas lacunas pictóricas e nos desgastes da camada cromática.

O presente exercício diz respeito à documentação de um tipo particular de reintegração cromática diferenciada, realizada no final da década de 1940, na Oficina de Restauro do Instituto para Exame e Restauro de Obras de Arte[468]. O caso de estudo utilizado para a contextualização é uma obra quinhentista da Oficina de Lisboa, tríptico da *Pietá com dois Santos* (Figura 47), do Museu da Fundação Ricardo do Espírito Santo Silva[469].

---

[468] Vd. COUTO, João – Aspectos actuais do problema do tratamento das pinturas. Lisboa: Edições Excelsior, 1952; COUTO, João – Os painéis flamengos da Ilha da Madeira. Funchal: Edição da Junta Geral do Distrito Autónomo do Funchal, 1955.
[469] O presente estudo foi publicado, com revisão, em revista científica internacional, especifica de Conservação e Restauro. Vd. BAILÃO, Ana; [*et al.*] – Primeiros passos de maturidade a caminho da

Trata-se de um painel, constituído por três elementos, em que a reintegração cromática feita pelo restaurador Abel de Moura tem uma técnica original de traços incisivos possivelmente inspirada no *tratteggio* italiano. Sobre a reconstituição cromática e formal das figuras, perfeitamente pintadas, o pintor-restaurador fez traços "esgrafitados" sobre a camada cromática por ele pintada[470].

A utilização de métodos de exame e análise não invasivos e de não contacto é fundamental no processo de documentação e caracterização de superfícies. Através das ferramentas computacionais utilizadas no processamento de informação geográfica, sem necessidade de contacto físico com a superfície da obra, o objectivo do exercício foi avaliar a dimensão da área de intervenção no painel central da *Pietá* e no volante de *São Francisco*.

Para a determinação do espaço pictórico e da área de intervenção fez-se a aquisição de uma imagem digital, pelo uso de técnica fotogramétrica, a fim de produzir uma ortofotografia, e no final com o SIG documentou-se a área de intervenção em cada obra.

No processo de quantificação da área de intervenção fez-se numa primeira fase e com um programa fotogramétrico (*Photomodeler*®) um levantamento fotogramétrico com imagens múltiplas, com o objectivo de obter a ortofotografia (Figura 48). O método recorreu ao modelo de Peter Waldhäusl[471]. Calibrou-se a câmara fotográfica, fez-se a importação de imagens para o *software*, definiram-se pontos homólogos, produziu-se um modelo tridimensional e extraiu-se a ortofotografia.

A interpretação do espaço das grandes áreas de lacunas reintegradas, especificamente a tábua esquerda do painel de "São Francisco" e a central no painel da Pietá, decorreu em

---

reintegração cromática diferenciada em pintura de cavalete em Portugal. *Ge-conservación*, n.º 1, (2010), pp. 127-141.

[470] Vd. BAILÃO, Ana – Metodologia e técnicas de reintegração cromática em pintura de cavalete. Porto: Universidade Católica Portuguesa, 2010. Dissertação de mestrado em Conservação de Pintura. Ver p. 26.

[471] Vd. WALDHÄUSL, P.; OGLEBY, C. – 3-by-3 Rules for simple photogrammetric documentation of Architecture. *In* FRYER, J. G., ed. – *Close range techniques and machine vision. Proceedings of the Symposium of Commission V of ISPR.* Melbourne, Australia: IAPRS, Grupo XXX/5, 1994, pp. 426-429.

ambiente *ArcMap®*. Operaram-se as seguintes fases: importação da imagem (ortofotografia), referenciação de pontos nos cantos da imagem, produção da imagem rectificada com células de dimensão que traduzisse um nível de detalhe adequado (resolução espacial de 1 mm^2), criação de polígonos por edição nos limites das áreas de reintegração, conversão dos polígonos referidos em formato matricial e determinação das áreas por quantificação percentual de células.

Os procedimentos efectuados no exercício, apesar de simples, indicaram por cálculo do número de células uma área de reintegração de 37,3% no painel central (Figura 49) e de 48,7% no painel de "São Francisco" (Figura 50).

Através da informação produzida pelo método descrito, pode-se dimensionar o espaço pictórico e a área de intervenção. Em conclusão, importa equacionar em que medida a área significativa de região lacunar verificada no exercício poderá ter condicionado a eleição da técnica de reintegração cromática por parte do pintor-restaurador. Por conseguinte, é portanto provável que, entre outros factores anteriormente anotados, sobretudo os de natureza iconográfica, a significativa dimensão da área de lacuna que perturbava a interpretação da imagem tivesse tido um papel fundamental na definição dos objectivos de Abel de Moura.

6.2.6 Apreciação da Densidade de Lacunas

Para apreciação da densidade de lacunas de uma pintura utilizou-se como caso de estudo um pormenor de uma obra do século XVI, que tinha presente na sua superfície pictórica algumas lacunas[472]. A pintura com representação da cena cristológica da *Ressurreição de Lázaro* pertence à Charola do Convento de Cristo, em Tomar (Figura 51). Apesar da frágil fundamentação da fortuna crítica em atribuir a autoria do painel à

[472] O actual estudo foi publicado, após revisão científica, em revista portuguesa da especialidade, da Associação Profissional de Conservadores-Restauradores de Portugal. Vd. HENRIQUES, Frederico; [*et al.*] – Caracterização da densidade das lacunas em superfícies pictóricas com recurso a Sistemas de Informação Geográfica (SIG). *Conservar Património*, n.º 11, (2010), pp. 3-11.

oficina quinhentista portuguesa do Mestre Jorge Afonso, serve presentemente esse dado como referência ao seu contexto cronológico e artístico[473].

A imagem fotográfica digital que se utilizou no processo de análise espacial foi capturada de um pormenor de panejamento azul, numa das figuras do lado esquerdo da composição (Figura 52). O registo utilizado foi produzido no decurso de uma intervenção de conservação curativa e de restauro, num programa de trabalhos conduzido pelo Ministério da Cultura[474]. No presente texto utiliza-se a designação "lacuna" quando está em causa uma zona de perca do material pictórico original[475]. Essa ausência de material pode ser de pequenas dimensões, frequentemente visível à vista desarmada, mas que não deverá ser confundida com rede de fissuras (*craquelures*).

Acerca das evidências de lacunas nas superfícies pictóricas, pode-se afirmar que estas estão normalmente associadas às zonas de maior risco e destacamento. Como tal, as apreciações feitas à vista desarmada e os registos gráficos em papel ou em formato digital continuam a ser fundamentais para a avaliação do estado de conservação na decisão das melhores opções técnicas para a conservação dos objectos. Se bem que tais métodos sejam extremamente importantes e úteis, a utilização da análise espacial como mecanismo de interpretação do fenómeno de superfície contribui para a optimização das informações ao nível do projecto e do relatório de obra.

Na avaliação do potencial de destacamento da camada cromática ponderam-se vários factores: as condições de conservação do suporte, a técnica de pintura, a qualidade da adesão entre estratos cromáticos, a coesão das partículas constituintes da camada cromática, o meio ambiente e, em geral, as condições de comportamento mecânico dos materiais[476]. Apesar de não ser fácil associar as lacunas e o seu potencial de risco à área dos preenchimentos lacunares presentes nas pinturas, infere-se no presente estudo que quanto maior for a área de lacuna exposta ou preenchida, maior será a possibilidade de

[473] Vd. SANTOS, Reynaldo dos – *Os primitivos portugueses, 1450-1550*. Lisboa: Academia Nacional de Belas Artes, 1940, p. 25.
[474] Vd. SERUYA, Ana Isabel; PEREIRA, Mário, dir. – *As Tábuas da Charola*. Lisboa: IPCR, 2005.
[475] Vd. CALVO, Ana – *Conservación y restauración. Materiales, técnicas y procedimientos De la A a la Z.* Barcelona: Serbal, 1997, p. 130.
[476] Vd. KNUT, N. – *Manual de Restauración de Cuadros*. Köln: Könemann Verlagsgesellchaft, 1998.

haver destacamentos na superfície pictórica. Isto, no caso de ser uma falta de material, ou então, numa situação onde haja preenchimento com massas, pode revelar maior susceptibilidade de ocorrência de processos de instabilidade mecânica como resposta aos fenómenos de contracção e dilatação dos materiais não originais.

Como indicado anteriormente, para se ter uma percepção do estado de conservação da pintura em análise, a investigação centrou-se nas lacunas, e em particular nas preenchidas com massas brancas que estão presentes na superfície. A imagem fotográfica digital utilizada no exercício foi obtida durante uma fase intermédia da intervenção de Conservação, após aplicação de massas de preenchimento brancas *(Modostuc®*) e antes da primeira fase da reintegração cromática. Como se verá mais à frente, esta fase da intervenção, por apresentar lacunas brancas no registo digital, com valores elevados nas células, próximo de 255, configurou o melhor momento para a detecção semiautomática das lacunas.

Os procedimentos da caracterização espacial das lacunas fizeram-se recorrendo a três operações correntes em SIG:

a) Função focal;
b) Reclassificação;
c) Estimador de densidade kernel.

Especificando melhor os procedimentos aplicados, o projecto iniciou-se com a adição da imagem ao *software* de SIG, em formato TIFF. Nesta fase, importa fazer o reparo que se deve ter em conta que as imagens não sejam desfocadas e que não apresentem reflexos na superfície. A imagem usada tinha 1701 colunas e 2340 linhas, com um total de 3 980 340 células.

De seguida fez-se o ajuste da imagem a um sistema de coordenadas cartesianas locais, sem eleição de uma projecção geográfica (como sugere o *software*), não rectificada, mas capturada com o eixo da objectiva fotográfica perpendicular à superfície da pintura, a

fim de manter o mais possível as proporções reais. No caso de estudo, como se trata de uma superfície pictórica, utilizou-se o centímetro como unidade métrica.

Após o processo referido, foi aplicada uma função focal de vizinhança para promover uma suavização da matriz e para homogeneização dos valores correspondentes às lacunas. A operação aplicada demonstrou resultados aceitáveis com uma janela de 3×3 com estatística média.

Na imagem que resultou da aplicação da função focal fez-se a reclassificação para duas classes. Após vários ensaios encontrou-se um valor ajustado de corte de 195. No exercício atribuiu-se ao intervalo de 0 a 195 a classe *no data* (sem informação) e ao intervalo 195 a 255 a classe 1. Assim, a reclassificação efectuada demonstrou uma discriminação de carácter binário com 127 795 células para a classe 1. Esta operação permitiu identificar as zonas de lacunas e não lacunas (Figura 53). Denote-se que na figura referida, a imagem de fundo não correspondia à imagem na qual se aplicou o filtro. Diz respeito a uma imagem original, convertida de cor para escala de cinzas, adicionada neste caso para melhor visualização da área de lacunas encontrada com a reclassificação. Como se trata de uma camada (*layer*) de fundo pode ser sempre substituída ou apresentada de modo distinto, consoante o critério do operador (Figura 54). Constate-se que a escolha do valor de corte, calculado entre 0 e 255, acabou por ser um critério subjectivo eleito pelo operador.

Com uma ferramenta de conversão do *ArcToolBox®* converteu-se seguidamente o modelo matricial obtido na reclassificação em sistema vectorial. Os pontos produzidos, associados à classe 1, ficaram posicionados no centro das células da matriz. Às células *NoData* não são ligados pontos.

Porque nem todos os pontos produzidos na reclassificação coincidem precisamente com as regiões de lacunas foi necessário editar alguns deles. Esta operação, de critério aferido pelo operador, serviu para excluir os pontos que não interessavam correlacionar com as lacunas (Figura 55). Neste processo excluíram-se 72 074 pontos. Veja-se em pormenor uma região de lacunas, junto ao olho direito da figura feminina, onde a cada

célula de classe 1 se verifica a presença de um ponto CENTRÓIDE[477] (Figura 56). Na tabela de atributos contabilizaram-se 55 721 pontos para essa classe.

Através da aplicação da função de densidade *Kernel*, operação que calcula a magnitude por unidade de área dos pontos e produz uma imagem para melhor visualização da densidade de eventos (Figura 57), quantificou-se por fim a densidade associada às lacunas. O novo modelo de representação matricial produzido indicou 252 colunas e 351 linhas (88 452 células). Para uma melhor visualização gráfica foi reclassificado em 5 classes (Figura 58). A região de fundo (classe 1) resultou em 82 419 células e as restantes 4 classes, correspondentes às zonas de maior densidade de lacunas, indicaram 3338 células para a classe 2, 1396 células para a classe 3, 853 células para a classe 4 e 446 células para a classe 5. O total destas quatro classes referidas foi de 6033 células.

A sequência de procedimentos terminou com a produção de um mapa temático em formato matricial. Este foi elaborado após multiplicação da camada de densidade *Kernel* resultante e da camada de lacunas. O objectivo desta operação foi a obtenção de uma nova camada onde se visualizaram as regiões de maior risco em torno das lacunas (Figura 59).

No que diz respeito a resultados, a utilização de um SIG, mais uma vez se verifica para quantificar áreas, não somente no ambiente do ordenamento e gestão do território, como também em superfícies pictóricas. Tendo em conta que a classe 1 (lacunas) calculada após as operações de reclassificação e edição tem 55 721 células, isso demonstra que a área lacunar na imagem é aproximadamente de 1,3% em relação à área total. Em relação à aplicação da função de densidade *Kernel*, indica-se que o mapa temático resultante, com base numa reclassificação processada a cinco classes, tem 6033 células associadas às regiões de maior densidade de lacunas (4 classes). Este valor conduz à detecção de uma área de potencial de risco de destacamento com aproximadamente 6,8% da área

[477] "1. O ponto de uma figura geométrica plana, cujas coordenadas rectangulares são a média das coordenadas dos seus pontos. 2. Num sistema de informação geográfica, o centro de um polígono ou, nos casos em que este lhe é exterior, o ponto interior ao qual estão referidos os atributos da entidade representada". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 80.

total. Se se subtrair à área total determinada com a operação *Kernel* a área das lacunas obtém-se um total de 5,5%. Este valor percentual configurará a área de risco e eventual perca por destacamento da camada cromática original para além das lacunas presentes na região estudada da pintura.

Em suma, a experiência no exercício sugere que a utilização de operações de reclassificação, por escolha subjectiva de valores de corte não é expedita para segmentação de lacunas da camada cromática das pinturas. As áreas da pintura onde as cores são semelhantes, nomeadamente, nas lacunas onde se verificam os preenchimentos com massas brancas e a camada cromática de cor análoga na zona do panejamento evidenciam as dificuldades referidas. Isto leva-nos a concluir que, através deste método, que mais uma vez dificilmente se poderá obter resultados de classificação automática sem a participação directa dos operadores especializados e uma avaliação criteriosa em cada caso. Não obstante os problemas de reclassificação no exercício, que foram resolvidos pela edição de pontos, a utilização do estimador de densidade *kernel* permite documentar áreas de maior ou menor densidade de lacunas na camada pictórica através do mapa temático que resultou do processo. A produção dos mapas temáticos, em que estejam presentes os parâmetros de análise referidos, pode ser uma mais-valia na qualidade do registo gráfico que documenta o estado actual de conservação das obras, e porventura, ter uma perspectiva da evolução da degradação dos fenómenos, do tipo de lacunas.

6.2.7 Segmentação de uma Inscrição

O seguinte caso de estudo foca-se no painel da *Entrada de Cristo em Jerusalém*, uma das peças quinhentistas do conjunto da Charola, do Convento de Cristo, em Tomar. No verso da pintura, numa das peças de madeira que servem de travessas de reforço, encontrou-se uma indicação escrita por um restaurador do século XIX. O objectivo principal foi conseguir realçar e segmentar – isolar as células – da informação indicada numa inscrição a grafite no suporte da obra. No entanto, apesar da inscrição ser parcialmente legível, tentou-se melhorar a sua perceptibilidade. A fotografia digital

usada neste exercício, realizada durante a intervenção no suporte, tem representado o pormenor da referida inscrição (Figura 60)[478].

O método processual para a segmentação fez-se pelo uso de um algoritmo habitualmente aplicado em classificação supervisionada. Este processo iniciou-se com a edição de polígonos – sistema de representação vectorial – em áreas de treino, elaboração de uma assinatura espectral e por fim a classificação de máxima verosimilhança. A assinatura, em terminologia de detecção remota, representa uma correlação numérica dos valores (*value*) dos pixéis da imagem. Os procedimentos utilizados permitiram evidenciar, dada a especificidade da superfície, três classes: a inscrição a grafite, o fundo de madeira/suporte e os elementos metálicos (parafusos).

Apesar da classificação supervisionada ser uma técnica simples, o método referido permitiu a segmentação da inscrição. Porém, tal como se esperava, a operação não foi suficientemente precisa. O classificador, tendo por base os polígonos desenhados e a assinatura espectral, teve mais dificuldades na classe associada à grafite e aos elementos metálicos, porque ambos têm uma cor muito próxima do cinzento e do tom metálico. Contudo, com o processo conseguiu-se ter uma melhor visualização da inscrição (Figura 61).

Por questões meramente factuais, que posteriormente podem ser mais aprofundadas e analisadas num estudo cronológico das intervenções na pintura, revelou-se o seguinte: "*Foram 1.868 acentes em Julho de 23*". Isto significa que as travessas do painel, que

---

[478] O exercício foi apresentado na forma de póster científico, em conferência internacional. Consoante a disponibilidade do organizador do evento e do gestor de conteúdos do endereço electrónico da conferência, encontra-se divulgado também como artigo de conferência em: HENRIQUES, Frederico; [*et al.*] – Application of spatial analysis operations for the characterization of wood painting features. *In COST Action IE0601– Evaluation of Deterioration and Management of Change. "Wood Science for Conservation of Cultural Heritage". In http://www.woodculther.com/?cat=4* (Consulta a 24 de Julho de 2011). Também em revista internacional o estudo foi publicado *on-line* em HENRIQUES, Frederico; [*et al.*] – The conservation-restoration of the "Charola" paintings of the Convent of Christ in Tomar. e_conservation, the online magazine. *In http://www.e-conservationline.com/content/view/882/297* (Consulta a 25 de Julho de 2011; 23h).

servem de sustentação às tábuas originais do século XVI, foram aplicadas a 23 de Julho de 1868, numa intervenção de Conservação[479].

Dada a presença de valores de células com valoração muito semelhantes, associadas à inscrição a grafite e aos elementos metálicos, apesar dos resultados não terem sido os esperados, poder-se-á melhorar o isolamento da informação com outras tecnologias específicas, fazendo-se uso de identificadores de morfologia (circulares e não circulares), a fim de isolar mais eficazmente os agregados de pixéis. Assim, pode-se dizer que a técnica não constitui um problema, mas pode representar o início de um processo de classificação mais apurado. Contudo, não obstante os limites referidos na presente investigação, e que em relação a índices de circularidade foram focados num texto anterior no estudo de alterações e análise da degradação da madeira por acção de insectos xilófagos, o mapa temático resultante possibilitou a exibição das principais classes dos elementos da superfície com propriedades semelhantes, e que visualmente se podem aceitar para distinguir a inscrição, dos parafusos e da madeira.

6.2.8 Detecção de Lacunas

Uma intervenção de reintegração cromática depende da obra em causa, da quantificação e tipologia de lacunas, dos critérios predefinidos nos projectos e, em grande medida da formação e da sensibilidade do conservador-restaurador[480]. Como caso de estudo escolheu-se uma pintura mural, *A Ressurreição de Cristo*, do arco triunfal da nave manuelina do Convento de Cristo, em Tomar (Figura 62)[481].

---

[479] Apesar de não se conhecer dados fidedignos do objectivo da intervenção nos painéis, é sabido que em 29 Julho desse ano deu-se a convocação extraordinária das Cortes, para apresentação do governo. Em 22 de Julho formou-se o Governo de Sá da Bandeira, o primeiro governo do *Partido Reformista*, que se propõe fazer reformas e economias. Assim, equaciona-se o facto de o painel ter feito parte de uma Exposição de apresentação para comemoração do novo Governo.

[480] Vd. BAILÃO, Ana; HENRIQUES, Frederico – Cleaning and retouching on paintings in Portugal: Historical and ethical issues in the last two decades of 20th century. *In La Restauración en el Siglo XXI. Función, Estética e Imagen. Actas do IV Congreso*. Cáceres: Grupo Espanhol del IIC, 2009, pp. 311-318.

[481] Este estudo foi publicado em revista nacional. Vd. HENRIQUES, F.; [*et al.*] – A lacuna pictórica: metodologias de interpretação e análise. *Pedra e Cal*, n.º 42, (2009), pp. 13-15.

O exercício aborda a aplicação de uma metodologia de classificação, com as quais se pretende reconhecer as áreas de lacuna e não-lacuna, isto, de uma forma semiautomática, distinta da simples percepção visual. A finalidade era a produção de um mapeamento temático onde se pudessem estimar, quantitativamente, as lacunas na obra.

O trabalho suportou-se em operações de GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA[482], sendo desejável que o uso dessas metodologias auxilie no problema da contabilização da extensão de lacunas. Pelo facto das grandes superfícies pictóricas dificultarem a elaboração de mapas temáticos no modelo do desenho sobre papel ou por técnica de tratamento digital de imagem, tentou-se apresentar uma solução para o problema através da metodologia apresentada. Assim, no caso de estudo, avaliou-se um processo faseado em dois momentos:

a) Análise de componentes principais (ACP);
b) Classificação supervisionada por máxima verosimilhança.

Por se tratar de uma técnica especialmente utilizada para destacar semelhanças e diferenças de objectos com grande variabilidade espectral nas imagens, o ponto de partida foi a análise dos componentes principais[483]. Sabe-se também que as operações de realce e pré-processamento podem dar resultados úteis com ajuste nos histogramas.

---

[482] "1. Operação de abstracção cartográfica que consiste em classificar, simplificar e, de um modo geral, harmonizar os elementos de informação a incluir numa carta, de acordo com a sua escala e finalidade. A generalização implica, em regra, uma redução da complexidade dos dados disponíveis e comporta as seguintes fases: a classificação, em que as entidades são tipificadas, agrupadas e ordenadas de acordo com os seus atributos; a simplificação, que visa a identificação das características mais importantes e a eliminação dos pormenores desnecessários; e o realce, em que certas características consideradas mais importantes são exageradas ou enfatizadas, de modo a serem mais facilmente perceptíveis. A simbolização, no âmbito da qual a informação é codificada através de símbolos cartográficos, é uma das ferramentas essenciais da generalização e, por essa razão, considerada por alguns autores como parte dela. 2. Num sentido mais restrito, o conjunto das operações destinadas a adaptar dados disponíveis a uma escala de representação menor, em particular quando esses dados provem de cartas já existentes". Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 157.

[483] Vd. GONÇALVES, L.; [*et al.*] – Aplicação da detecção remota à avaliação do estado de conservação das coberturas do património edificado: o caso de estudo da baixa de Coimbra. *Construção magazine - revista técnico-científica engenharia civil*, n.º 26, Julho-Agosto (2008), pp. 29-35.

No entanto, para o presente trabalho não se utilizaram porque o objectivo era testar as capacidades do operador ACP. O primeiro resultado foi apresentado na forma de mapa temático em falsa cor (Figura 63).

Recapitulando, as metodologias de classificação automática, podem ser de dois tipos:

a) Classificação supervisionada;
b) Classificação não supervisionada.

A classificação de máxima verosimilhança, a que utilizámos no nosso estudo, foi precedida de uma classificação assistida com edição de polígonos.

O processo fez-se através dos seguintes passos:

a) Criou-se um tema de polígonos para as amostras de treino (Figura 64);
b) Produziu-se a assinatura espectral das áreas seleccionadas de modo assistido;
c) Realizou-se a classificação de máxima verosimilhança;
d) Elaborou-se uma máscara para ajuste da detecção à área pictórica.

Para desempenho do algoritmo, as amostras de treino seleccionadas foram 88 polígonos, redistribuídos em sete classes: lacuna (classe 1); azul (classe 3), manto (classe 4), carnação (classe 5), vermelha (classe 6), verde (classe 7) e cinza (classe 8). As zonas de lacunas, as da classe 1, corresponderam a 28 polígonos e às de camada pictórica os restantes (Figura 65). A assinatura espectral produzida indica o número de classes, o número de células, a média de valores e a co-variância matricial. Além do relatório, também for possível analisar o dendrograma respeitante às classes (Figura 66).

A última operação visou delimitar a área pictórica associada especificamente ao arco triunfal, por meio de uma “máscara”. Este processo, em particular, implicou efectuar um conjunto de procedimentos:

a) Operação de reclassificação da matriz que resultou da classificação assistida (1 e *NoData*);
b) Construção de uma camada vectorial com a área ocupada pelo arco triunfal na pintura (um polígono);
c) Conversão dessa camada em matricial (1 no interior, *NoData* fora do arco);
d) Multiplicação das duas camadas matriciais (Figura 67).

As operações de análise e classificação feitas em ambiente SIG permitiram segmentar as lacunas[484]. Constatou-se que, não obstante uma margem de erro perceptível por avaliação visual da superfície, a área de lacunas calculada foi de 48,5% (Figura 68). O valor percentual obtido calculou-se pela contabilização do número de células associadas a cada uma das duas classes – lacunas e camada pictórica.

Na fase de projecto e quando se opera o levantamento de informações e diagnóstico de um Bem Cultural pictórico, determinar qual é a técnica de reintegração cromática, mesmo que se definam critérios reconhecidos como válidos do ponto de vista ético e deontológico, implica frequentemente um exercício especulativo sobre o resultado da intervenção. No presente caso de estudo, em que as lacunas estavam dispersas, demonstrou-se que se podem adoptar algumas metodologias específicas de interpretação espacial. Apesar de ser inevitável reconhecer que há uma margem de erro associada às técnicas já indicadas, que por sua vez pode ser mitigada pela qualidade dos registos fotográficos ou pela utilização de uma imagem de base ortorrectificada, assim como pela utilização de outros algoritmos de classificação, a extracção de características da superfície pode ser efectivada de modo semiautomático com os procedimentos enunciados.

O registo pictórico da *Ressurreição de Cristo*, *ex-libris* do Convento de Cristo, serviu neste caso para um processo de reflexão deontológica e operativa, não só pela área extensa de lacunas que apresentava, mas também pela sua complexidade de formas que obriga a uma reflexão na fase de reintegração cromática. Saber que a interrupção do

[484] Vd. sobre o programa informático utilizado: ESRI, d – ArcGIS Desktop 9.3. *In http://www.esri.com/* (Consulta a 24 de Março de 2009; 9h).

tecido figurativo na obra tem um valor aproximado de 48,5% pode ajudar na decisão entre a intervenção ou não e, consequentemente, sobre a técnica de reintegração mais adequada à obra. É importante também ter presente que uma estratégia de actuação deve ponderar a análise quantitativa das lacunas pictóricas em relação à pintura, assim como a própria pintura e a "obra de conjunto", neste caso, o espaço envolvente da Charola.

6.2.9 Caracterização da Área de Goma-laca

A obra analisada, *A Ressurreição de Lázaro*, ou mais precisamente o verso do painel, um elemento da pintura que nem sempre é valorizado[485], foi a mesma que anteriormente se referiu no exercício da caracterização da densidade de lacunas com o estimador *Kernel*[486]. Nessa pintura, encontra-se uma extensa camada negra de goma-laca. O objectivo do exercício, semelhante ao anteriormente referido, foi quantificar a extensão dessa resina e a área de madeira à vista[487].

O material de cobertura, uma exsudação resinosa extraída do insecto *Coccus (Tachardia) Lacca, Kerr* (Ordem *Hemiptera*, Família *Coccidae*), usada frequentemente como camada de acabamento e protecção em Bens Culturais, neste caso, estava aplicado como camada barreira de modo a servir de impedimento à permeabilidade da obra face às humidades parietais[488].

[485] Vd. GARCIA, Miguel; HENRIQUES, Frederico – A madeira como suporte na pintura: Um olhar pelo versu. *Pedra e Cal*, n.º 26, (2005), pp. 18-19.

[486] Este exercício foi apresentado, na forma de póster científico, em conferência internacional. Consoante a disponibilidade do organizador do evento e do gestor de conteúdos do endereço electrónico da conferência, encontra-se divulgado também como artigo de conferência em: HENRIQUES, Frederico; [*et al.*] – Application of spatial analysis operations for the characterization of wood painting features. *In COST Action IE0601– Evaluation of Deterioration and Management of Change. "Wood Science for Conservation of Cultural Heritage". In http://www.woodculther.com/?cat=4* (Consulta a 24 de Julho de 2011; 22h). Também em revista internacional o estudo foi publicado *on-line* em HENRIQUES, Frederico; BAILÃO, Ana; GARCIA, Miguel – The conservation-restoration of the "Charola" paintings of the Convent of Christ in Tomar. e_conservation, the online magazine. *In http://www.e-conservationline.com/content/view/882/297* (Consulta a 25 de Julho de 2011; 23h).

[487] Vd. Informações acerca da intervenção em SERUYA, A., PEREIRA, M., dir. – *As Tábuas da Charola*. Lisboa, IPCR, 2005.

[488] A goma-laca é uma secreção do insecto *Tachardia Lacca*, anteriormente conhecido como *Coccus lacca*, que vive em vários tipos de árvores na Índia, na Tailândia e no resto do sudeste da Ásia. A espécie alimenta-se da seiva de ramos jovens. Embora as larvas também possam produzir a laca, a fêmea começa a segregar grandes quantidades de resina, aquando da postura dos seus ovos. Posto isso, os galhos ficam

Para o processo analítico fez-se uma classificação supervisionada, com edição de polígonos, e usou-se no final o classificador de máxima verosimilhança. A imagem digital, em formato TIFF, apresentava-se com 532 colunas, 874 linhas e 464 968 células. O *raster* utilizado não foi uma imagem rectificada. Porém, recorreu-se a um registo fotográfico onde a captura da imagem se fez, o mais possível, com a câmara centrada, com o eixo óptico perpendicular à superfície.

No processo de classificação supervisionada, sem fazer uso da ACP, começou-se pela edição de polígonos e a criação de uma assinatura espectral, Desenharam-se regiões para duas classes: camada de goma-laca e madeira (Figura 69). Os resultados do exercício demonstraram que para as duas classes em causa obteve-se um valor significativo de área de goma-laca. Na Tabela 2 dá-se indicação das células associadas às duas regiões. Com base nessa quantificação de área obteve-se para a resina 47,1% da área total (Figura 70).

Object ID	*Value (classes)*	*Count*
Camada de goma- laca	1	19 505
Área de madeira exposta	2	27 367

Tabela 2 – Valoração das duas classes após a classificação de máxima verosimilhança no verso do painel da Charola.

No exercício, em conclusão, constatou-se que com operações de um único modo de classificação de padrões (máxima verosimilhança) foi possível quantificar a área de um material de cobertura negro aplicado no verso do painel. O facto das células negras da resina terem um valor bastante distinto (baixo) das regiões de material lenhoso facilita o

cobertos com uma massa heterogénea, com aspecto de cera, numa espessura de 3 mm a 10 mm. Os ramos são recolhidos, juntamente com a camada de laca e os insectos mortos depositados. Posteriormente, a laca é retirada dos galhos. Primeiro é lavada com água para extrair um corante vermelho (*lac dye*, semelhante em composição à cor dos corantes carmim da cochonilha) e de seguida é colocada em sacos de algodão aquecidos. A laca fundida é espremida, enquanto os insectos mortos, pedaços de casca e outras impurezas permanecem nos sacos. Após reaquecimento, a laca é derramada e esticada, para fins comerciais. Além da resina, a goma-laca também contém cera e corante amarelo, que é solúvel em álcool. Vários tipos de goma-laca distinguem-se pela sua cor, como a goma-laca limão. A goma-laca é ainda quimicamente branqueada para algumas aplicações. Vd. KUHN, Hermann – *Conservation and Restoration of Works of Art and Antiques*. Londres: Butterworths, 1986., p. 160. Vol. 1.

processamento. Os valores calculados de área original e os da camada barreira podem servir para a médio e longo prazo avaliar a evolução do estado de conservação.

6.2.10 Análise Comparativa com Classificação Supervisionada e não Supervisionada

O exercício consistiu em fazer um estudo comparativo de operações de classificação com uma imagem digital de uma pintura com a representação do *Calvário*. Para o efeito, teve-se em linha de conta as áreas de lacunas e as zonas de reintegração cromática[489]. Trata-se de um painel de madeira, executado por oficina não identificada, que pertence ao Museu Nacional Machado de Castro, em Coimbra. Pela análise das suas características tecnológicas a obra sugere ser do final do século XVI. O registo fez-se durante uma intervenção, mais especificamente após a limpeza da camada protectora alterada (verniz) e remoção dos repintes, e depois da aplicação de uma massa de preenchimento branca nas lacunas (Figura 71).

O estudo desenvolveu-se em dois momentos principais:

a) Uso da Análise de Componentes Principais (ACP);
b) Utilização dos algoritmos classificadores.

O exercício decorreu no programa informático comercial de SIG utilizado em todos os exercícios[490]. A imagem de base utilizada foi uma em formato TIFF, de 8,85 MB, com as dimensões de 1730 células por 1785 células[491]. O registo digital ou estrutura de dados

[489] Este trabalho foi publicado em revista portuguesa da especialidade de Conservação e Restauro. Vd. HENRIQUES, Frederico; GONÇALVES, Alexandre – Identificação de regiões de lacunas numa pintura retabular: análise comparativa de métodos de classificação em ambiente SIG. *ECR – Revista de estudos de conservação e restauro,* n.º 2, (2010), pp. 72-81. Mais tarde foi apresentado internacionalmente, na forma de póster, num evento do CESMAR7, em Novembro de 2011. O texto do respectivo póster foi publicado em actas da conferência. Vd. HENRIQUES, Frederico; [*et al*.] – Identificazione di lacune di un dipinto dopo la stuccature e prima del ritocco pittorico. *In V International Conference on Materials and Methods in the Conservation of Polychrome Art Works*. Trento: CESMAR7, 2010, pp. 234-236.

[490] Programa informático: *ESRI® ArcMap™ 9.1*, módulo *Spatial Analyst™*

[491] O formato TIFF (*Tagged-image File Format*) é usado como imagem fléxivel de *bitmap* para troca de arquivos entre programas de computador e plataformas. Os arquivos de imagem TIFF podem ter

matricial tinha sido obtido, em condições de laboratório de conservação com uma câmara *Sony*^{TM}, modelo *Cybershot F-717*.

O método aplicado consistiu numa primeira fase em efectuar a análise de componentes principais (ACP) e criar uma camada matricial de base para posteriores classificações (Figura 72). Recapitulando, a análise de componentes principais usa-se para transformar os dados de uma matriz, associados aos valores das células, num espaço de cor com novos eixos (atributos). A principal razão dessa transformação foi a de comprimir os dados por via da eliminação da redundância[492]. Veja-se na imagem que as lacunas originalmente brancas, nas condições em que se fez a fotografia e pelas propriedades do material de preenchimento (estuque), adquiriram cor vermelha (rosada). Após esta operação, verificou-se por comparação das matrizes produzidas para dos três canais, que a BANDA ESPECTRAL[493] do vermelho delimitava melhor as lacunas (Figura 73).

Numa segunda fase, operando com o primeiro dos classificadores sobre a imagem do canal vermelho, fez-se um exercício de contraste espectral dividindo o histograma em quatro classes (*level slicing*)[494]. O resultado, como seria de esperar, não permitiu segmentar convenientemente as lacunas (Figura 74). Tal deveu-se ao facto de o classificador associar às lacunas outras zonas de camada cromática com tons claros.

Noutro exercício, por observação do histograma determinou-se um valor de corte e reclassificou-se em duas classes (*thresholding*).

---

profundidade de 8, 16 ou 32 bits por canal. O formato também dá suporte para imagens *CMYK*, *RGB*, *Lab*, cores indexadas ou tons de cinza com canais alfa e imagens no modo *bitmap* sem canais alfa. Vd. MARTINS, Nelson – *Fotografia: da analógica à digital*. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2010, p. 173.

[492] Vd. ESRI, e – ArcGIS Help 9.3. Principal Components. *In http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Principal_Components* (Consulta a 30 de Dezembro de 2009; 17h).

[493] “Cada uma das camadas de uma imagem multiespectral, correspondente a uma certa região do espectro electromagnético. Por exemplo, a uma camada pode corresponder o verde, a outra o vermelho, a outra o infravermelho próximo, etc. Uma imagem pode ser composta por uma única destas camadas, ou por qualquer combinação linear delas”. Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 41.

[494] Vd. LILLESAND, Thomas; [*et al.*] – *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6.ª Ed. Hoboken, New Jersey: Jonh Wiley& Sons, 2008.

Noutra fase fizeram-se as duas classificações: uma supervisionada e outra não supervisionada. Em ambos os métodos teve-se como objectivo determinar as características dos grupos de células. A primeira classificação fez-se sobre o canal vermelho da ACP, *input* de amostras de treino poligonais, edição da tabela de atributos desses polígonos, num total de 47 entidades, definindo 4 classes (lacunas, carnações, panejamento vermelho e azul), campo de amostra "Id", computação da matriz de covariância e *output* de assinatura em extensão *GSG. Posto isso, realizou-se a classificação de máxima verosimilhança (CMV) com base na matriz do canal vermelho da ACP e na assinatura *GSG produzida (Figura 75)[495]. A última classificação, não supervisionada, desenvolveu-se com o algoritmo *Iso Cluster* (CLUSTER[496]), através da criação de uma assinatura *GSG, sem amostras de treino, dando indicação ao programa informático das 4 classes e 20 iterações. Após a produção da assinatura aplicou-se a classificação de máxima verosimilhança com a matriz do canal vermelho da ACP e o ficheiro *GSG produzido (Figura 76)[497].

Sinopse das operações:

a) Adição da imagem em formato TIFF;
b) Análise de Componentes Principais (ACP);
c) Adição da Banda 1 ao projecto, a do vermelho obtido pela ACP;
d) Operação por determinação automática dos intervalos (*level slicing*);
e) Reclassificação por limiarização (*thresholding*);
f) Classificação com a assinatura das amostras de treino e CMV;
g) Classificação com a assinatura do algoritmo *iso clusters* e CMV.

---

[495] ESRI, f – ArcGIS Help 9.3 – MLClassify. *In http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=MLClassify* (Consulta a 30 de Dezembro de 2009; 18h).

[496] "Arranjo espacial de objectos na forma de grupos, em que uns estão localizados perto de outros, e onde existe um espaço vazio significativo entre eles. Este tipo de arranjo indica que as operações processadas nos objectos são diferentes para os que estão mais perto do *cluster* do que os que estão no espaço envolvente". Extraído de DEMERS, Michael N. – *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 1997, p. 463.

[497] ESRI, g – ArcGIS Help 9.3 – Iso Cluster. *In http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?id¼5733&pid¼5723&topicname¼Iso_Cluster* (Consulta a 30 de Dezembro 2009; 19h).

Numa segunda fase, tendo por base o melhor resultado do mapa de classes obtido no exercício do método supervisionado, com a amostragem de treino e com a classificação por máxima verosimilhança, removeram-se os pontos (centróides) não lacunas. Após isso, reclassificou-se o mapa temático obtido a 5 classes, elegendo a classe 1 como a das lacunas e a classe 2 não-lacunas. Nas restantes classes (3, 4 e 5), atribuiu-se o valor *No Data* (Figura 77). Converteu-se a matriz da classe 1 em pontos (*shapefile*), os mesmos 60 232 – equivalentes aos centróides das células –, e editaram-se os pontos que não correspondiam às lacunas na imagem (Figura 78). Após a edição manual, finalizou-se a operação e contabilizaram-se 56 566 pontos. De seguida, converteu-se o ficheiro dos pontos (em sistema vectorial) numa matriz de células (sistema matricial) tendo em atenção em manter o tamanho de célula do projecto inicial. Assim, obteve-se um mapa temático com as lacunas e o número de células que pela experiência de observação do painel se revelou ser o mais próximo do objecto real (Figura 79).

Em síntese, o exercício apresentou alguns modelos de análise espacial que se desenvolveram em ambiente de SIG para quantificação de lacunas de uma pintura sobre madeira. Partindo de uma matriz obtida durante uma intervenção de conservação e da análise de componentes principais, efectuaram-se mapas temáticos das regiões de lacunas. Estes foram sujeitos a um exame comparativo de quatro métodos de análise: divisão automática do histograma em intervalos (*level slicing*); limiarização (*thresholding*), um método supervisionado com amostras e criação de uma assinatura e classificação de máxima verosimilhança (CMV); um método não supervisionado de *iso clusters* e classificação de máxima verosimilhança (CMV). Nas condições em que foram feitos os ensaios obtiveram-se melhores resultados na identificação das lacunas com o segundo e o terceiro sistema.

Apesar dos métodos apresentados não se demonstrarem totalmente precisos para a identificação de lacunas verificou-se que o método de limiarização e o sistema supervisionado com amostragem de polígonos, edição de assinatura e classificação de máxima verosimilhança ficaram substancialmente próximos da realidade pictórica com uma percentagem de lacunas para o painel de aproximadamente 1,98% e 1,95%. A reclassificação por *thresholding* demonstrou ser bastante fiável, desde que o valor de

corte seja o adequado. Com o método *Iso cluster* também se fizeram ensaios na delimitação de 8 classes, depois do que se tinha feito com 4 classes, mas os resultados não se revelaram satisfatórios (33,04 %). O aumento testado do número de iterações de 20 para 200 não favoreceu a classificação.

O exercício permitiu confrontar os classificadores tendo em conta uma análise espectral de uma fotografia digital. Os sistemas metodológicos apesar de demonstrarem alguma margem de erro, permitiram quantificar a área original e não original do painel quinhentista. Denotaram-se algumas dificuldades na classificação de zonas claras da obra, como sejam, por exemplo, algumas zonas de panejamentos cinzentos, que somente foram corrigidas após a edição.

6.2.11 Aplicação e Interpretação de Métricas de Paisagem

Neste caso de estudo faz-se referência a uma particularidade técnica (inovadora) na classificação e quantificação de fenómenos de superfície, produzida por meio de "métricas de paisagem"[498].

O método consistiu em apreciar com índices estatísticos a distribuição e fragmentação da zonas atingidas por certas alterações, de maneira a caracterizar a complexidade específica das lacunas – fundamental no suporte à decisão no processo de reintegração cromática. Em linhas gerais, a metodologia passou por analisar o tamanho médio de certas regiões, de que modo é a sua irregularidade geométrica e quais os padrões espaciais de distribuição.

O caso de estudo da investigação envolveu a aplicação das ferramentas disponibilizadas no SIG, numa pintura antiga sobre madeira (*Castanea sp.*), provavelmente do século

[498] O presente caso de estudo encontra-se publicado em: HENRIQUES, Frederico; GONÇALVES, Alexandre – Analysis of Lacunae and Retouching Areas in Panel Paintings Using Landscape Metrics. *In* IOANNIDES, M.; [*et al.*], ed. – *Proceedings of the Third International Conference on Digital Heritage EuroMed 2010, Lecture Notes in Computer Science*, 6436, Berlim: Springer, 2010, pp. 99-109.

XVI, que pelas características tecnológicas sugere ser obra de uma oficina portuguesa. O painel é constituído por uma única tábua com 4 cm de espessura, corte tangencial do lenho e um ligeiro empeno em meia-cana. As medidas são de 145 cm por 51 cm. A iconografia representada diz respeito a *São João Evangelista*, com os seus principais atributos: cálice e serpente alada (Figura 80).

As fotografias digitais usadas na análise foram obtidas após a intervenção de limpeza química e antes de novos preenchimentos de lacunas e da fase de reintegração cromática.

Como metodologia geral a primeira operação foi adquirir imagens digitais do painel. Os registos digitais, em formato *JPEG/EXIF 2.2*, efectuaram-se com uma câmara fotográfica *Sony Cybershot F-717*™ de 5.0 Megapixéis. Essas imagens foram processadas em programa informático de fotogrametria de curto alcance (terrestre) para produzir uma ortofotografia. De seguida deu-se entrada do registo no programa informático de SIG e aplicaram-se as métricas de paisagem.

Para o processamento da ortofotografia usou-se um *software* de fotogrametria terrestre (*Photomodeler 4.0*™), em modo de marcação manual de pontos homólogos, de imagens múltiplas e com ajuste de feixes (*bundle adjustement*). A operação desenrolou-se em três fases: começou-se com a calibração da câmara para determinar as propriedades geométricas e parametrização do equipamento; com as imagens adicionadas ao projecto produziu-se um modelo de superfície bidimensional determinado pelos quatro vértices da obra e, por último, fez-se a extracção da ortofotografia do modelo gerado.

No âmbito do exercício académico, apesar do empeno do painel ser em parte negligenciável, recorreu-se à modelação do tipo 3D, em vez de se rectificar somente a imagem. A ortofotografia produzida pelo *software* resultou num ficheiro em formato

TIF, com 542 colunas e 1519 linhas, num total de 823 298 pixéis. A imagem de três bandas (*R,G,B*) tinha 2,28 MB e 8 *BITS*[499].

No processamento dos dados com o SIG, após a produção da ortofotografia, a imagem foi georreferenciada (*ArcGIS*™, *versão 9.3 - ESRI*®). Considerou-se susceptível de poder representar em detalhe a superfície através de células de 0,095 cm. Dada a complexidade da superfície (lacunas de vários tons e repintes), a identificação de lacunas, não se fez de modo semiautomático. De maneira a delimitar as regiões de lacunas sobre a imagem matricial, numa camada vectorial editaram-se os polígonos correspondentes (Figura 81).

Foram criadas e definidas oito áreas de camada cromática original, primeiro operando em sistema vectorial e depois produzindo um *raster* com o objectivo de produzir um mapa temático (Figura 82):

a) zona panejamento vermelho (PVL);
b) área de sombra desse panejamento vermelho escuro (PVE);
c) céu (Cé);
d) carnação (Car);
e) serpente alada (Serp);
f) pigmentos terra do solo e do cabelo da figura (PT);
g) cálice (Cá);
h) água (Ág).

As métricas de paisagem estão disponíveis no *ArcGIS*™, por meio da extensão *Patch Analyst* (Versão 0.9.5 - *Patch Analyst for Grids*), desenvolvida para a versão 9.1, pelo *Geomatics Services Group*, do *Ontario Ministry of Natural Resources*. O uso da

[499] Em linguagem informática 8 *bits* constituem 1 *byte*. Assim: “*BIT* é a abreviatura de *binary digit,* a menor unidade de informação que um computador pode armazenar e processar. Um *bit* pode assumir dois valores (0 ou 1, *on* ou *off*, verdadeiro ou falso, etc.)”. Extraído de GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008, p. 46. No que concerne a *BYTE* trata-se da unidade básica de armazenamento constituída de 8 *bits*, e que pode representar valores no intervalo de 0 a 225. Um *byte* é o espaço normalmente utilizado para armazenar caracteres alfanuméricos. IDEM, *Ibidem*, p. 51.

extensão é relativamente simples e requer somente a identificação da camada raster com as distintas regiões classificadas.

Foram seleccionadas as seguintes métricas:

a) *Class Area* (CA);
b) *Number of Patches* (NumP);
c) *Mean Patch Size* (MPS);
d) *Patch Size Coefficient of Variance* (PSCoV);
e) *Patch Size Standard Deviation* (PSSD);
f) *Edge Density* (ED);
g) *Landscape Shape Index* (LSI);
h) *Mean Nearest Neighbour Distance* (MNN);
i) *Total Core Area* (TCA).

Recapitulando o significado das métricas: *CA* é uma métrica de área; *NumP* exprime o número de regiões por cada classe, e em certa medida representa um grau de fragmentação; *MPS* informa sobre a área média de cada classe; *PSSD* e *PSCoV* estão associadas ao desvio padrão e ao coeficiente de variação da área das regiões, onde PSCoV = PSSD/MPS; *ED* refere-se ao comprimento das fronteiras; *LSI* é uma medida da irregularidade de cada classe (quanto maior, menos circulares são as regiões de análise); *MNN* exprime o isolamento; *TCA* diz respeito à medida do núcleo das regiões, onde se exclui as zonas de periferia, e onde todas as células incluídas na análise estão rodeadas de células do mesmo tipo. Os valores das métricas, associadas às oito classes, estão indicados na Tabela 3 e Tabela 4. As classes indicadas com o símbolo (†) referem-se às lacunas da respectiva classe.

	*CA**	*NumP***	*MPS***	*PSCoV***	*PSSD***
PVE	241 304	33	7 312	76 231	36 572
PVE†	20 537	185	111	28 741	210
Cá	7 060	2	3 530	6 897	1,598
PT	125 893	3	41 964	16 269	44 791
PT†	37 537	31	1 211	71 759	5 701
Car	31 893	5	6 379	8 264	3 458
Car†	959	14	68	20 073	90
PVL	156 540	40	3 914	49 694	12 759
PVL†	8 132	93	88	25 886	148
Cé	123 931	5	24 786	18 267	29 705
Cé†	48 228	66	731	88 421	4 240
Ág	12 722	1	12 722	0	0
Ág†	4 481	1	4 481	0	0
Serp	3 223	2	1 612	14 438	1 527
Serp†	699	16	43	11 210	32

Tabela 3 – Duas tipologias de métricas de paisagem: *Area metrics* (*) e *patch density & size metrics* (**).

	*ED**	*LSI***	*MNN****	*TCA*****
PVE	3918	834	4229	221 900
PVE †	1516	392	11 888	13 551
Cá	94	131	43 417	6575
PT	961	291	305 310	120 616
PT †	730	197	28 760	33 088
Car	403	188	127 010	29 931
Car†	79	128	14 121	621
PVL	3088	681	2364	141 461
PVL †	716	245	16 782	4810
Cé	1391	370	4400	116 486
Cé †	1432	321	8493	40 352
Ág	108	134	1	12 091
Ág †	83	123	1	3943
Ser	128	137	2000	2619
Ser †	79	129	4989	337

Tabela 4 – Quatro índices métricos: *Edge* (*), *Shape* (**), *Diversity & Interspersion* (***) e *Core Area* (****).

A área total da superfície pictórica era constituída por 823 740 células (*Total Landscape Area - TLA*). Este valor foi fundamental para identificar as zonas originais e, por meio dos valores indicados pelas métricas, depreender as relações espaciais com as regiões de lacunas.

Acerca dos resultados, a métrica de *CA* indica que a área pictórica maior da pintura é a de panejamento vermelho escuro e luz (PVE e PVL) da figura do *São João Evangelista*. A região do céu (Cé) e das zonas de pigmentos terra (PT) também são significativas.

A maior área de lacunas encontra-se no céu (Cé) e dos pigmentos terra (PT). Isso verifica-se porque além das lacunas dispersas na zona central da superfície também estão presentes numa extensa área periférica. Essa região, apesar de não ser lacuna, por se tratar de uma pintura subjacente é vista na análise como uma região “não original”,

mas que na realidade corresponde a parte de uma pintura que se encontra por debaixo de um repinte, e que após a sua remoção ficou à vista do observador.

Na área pictórica original, em particular a região do panejamento (PVE e PVL), os valores da métrica *NumP* são os mais elevados. Em relação à apreciação da distribuição das lacunas, os valores mais altos estão no panejamento vermelho escuro (PVE), seguido no panejamento luz (PVL) e céu (Cé). As lacunas nas áreas de pigmentos terra (PT), do solo e dos cabelos, são em menor número. Nas zonas restantes os valores são em parte e, por agora, negligenciáveis.

A métrica de *MPS* tem valores mais elevados na camada cromática original da água (Ág), pigmentos terra (PT) e céu (Cé). Para as lacunas, entende-se aqui que o valor mais alto é o da região de cercadura. Esta área estava extremamente repintada e encontrava-se encoberta pela moldura. Se não se tiver em linha de conta esta zona muito particular, os valores mais altos ocorrem no panejamento vermelho escuro e luz (PVE e PVL), e o mais baixo na serpente alada (Ser).

O índice métrico *PSCoV* estima a variação do tamanho das regiões. Exprime uma relação directamente proporcional com o desvio padrão e inversamente proporcional com o tamanho médio das zonas. Sugere o nível de assimetria da área de lacuna de cada tipologia de classe. No painel verificou-se esse índice com valor significativo na classe pigmentos terra (PT) e em todo o panejamento vermelho (PVE e PVL).

Em síntese, as interpretações espaciais em torno da área, densidade de região e métrica de tamanho (*Patch Density & Size Metrics*), são baseadas exclusivamente nas características de tamanho da área de lacuna *versus* camada cromática original. No entanto, a análise pode ser complementada com outros indicadores que apreciem a proximidade e introspecção entre as zonas.

Tal como se referiu, a métrica *ED* documenta a extensão das periferias. Os maiores bordos verificam-se nas duas classes de lacunas do panejamento (PVE e PVL), o que significa uma linha de maior divisão entre regiões adjacentes.

O parâmetro *LSI* sugere ser um dos mais interessantes e reflecte a tipologia de lacuna. Por um lado, quanto mais circular for o formato de uma região maior será a valoração. Por outro lado, nessa linha de raciocínio, a irregularidade é dada pelos valores apresentados mais baixos. Os resultados indicam que as áreas de lacuna mais circulares são no panejamento vermelho escuro (PVE) e no céu (Cé) e as mais irregulares na água (Ág), serpente (Ser), carnação (Car) e cálice (Cá).

A métrica *MNN* expressa a separação de regiões, ou seja, o seu grau de isolamento. Assim, a maior densidade e proximidade de lacunas verificou-se na classe do céu (Cé) e na serpente alada (Ser). Se bem que, quanto maior for a concentração de lacunas maior é a dificuldade da intervenção, também o facto das lacunas estarem muito próximas reduz a necessidade de fazer distintos tons, o que na prática se reflecte num processo mais rápido, porque a cor que é feita uma vez na paleta serve para reintegrar um maior número de lacunas.

Assim, tendo por base as referidas três métricas (*ED*, *LSI*, *MNN*), sugere-se que em relação às lacunas a reintegrar, quanto maior for o índice *ED* e menor a métrica *LSI*, maior deverá ser a acuidade técnica da operação. E que, quanto maior for o isolamento de regiões, mais acertos de cores terão que ser feitos na reintegração cromática. Nesse sentido, sugere-se um índice métrico para cálculo do nível de exigência associável ao trabalho de reintegração cromática:

$$SKILL = ED / LSI \times MNN$$

Como tal, um valor mais alto (em *Skill*) significa uma exigência técnica maior por parte do conservador-restaurador para desempenhar e estar num patamar de perícia técnica para a desempenhar operação.

Além do tipo de parametrização acima descrita, que diz respeito às lacunas individualizadas associadas a tipos de classes, também se pode analisar o painel pelo

seu todo com métricas, sem a classificação de regiões de cores principais. Na Tabela 5 pode-se observar as valorações de *CA, NumP, MPS, TCA*. Importa referir que algumas das regiões adjacentes são consideradas como o mesmo tipo de lacuna. Os dados indicam que quando a análise de superfície é feita pelo todo as métricas apontam 317 regiões e quando se somam as lacunas isoladas verifica-se a presença de 406 áreas segmentadas.

Métrica	Valor
CA	120 573
NumP	317
MPS	380
TCA	79 019

Tabela 5 – Métricas de paisagem das lacunas do painel sem divisão e classificação por regiões de cor.

Por conseguinte, pode-se admitir que esta tipologia de análise poderá ser fundamental para comparação de obras, dando indicações gerais sobre a quantidade de trabalho que cada pintura deverá exigir num projecto de conservação e de restauro.

Em relação à pintura de *São João Evangelist*a, foi possível determinar uma relação de área (*CA*) entre a camada cromática original e lacuna de 14.6% (120 573 / 823 140). O número de lacunas/regiões a reintegrar é de 317, com um tamanho médio de 380 unidades.

Como conclusão, o modelo inédito de caracterização de lacunas e trabalho associado ao processo de reintegração cromática – por meio da análise com métricas de paisagem – poderá servir como método científico para apreciar um dos parâmetros que correntemente em conservação é visto de modo empírico – o do volume e qualidade de trabalho na fase final dos projectos.

Se bem que haja um conjunto maior de métricas disponíveis no programa informático e na literatura científica, as indicadas revelaram ser as que mais se ajustavam à

especificidade do problema; a análise espacial das lacunas é uma resposta necessária para uma aproximada parametrização do nível da reintegração cromática, aquele que se pode exigir ao conservador-restaurador. Contudo, outro tipo de análise podia também ser feito para caracterização da geometria das lacunas, numa fase em que fosse necessário determinar a perícia exigida para a aplicação de massas de preenchimento.

Importa salientar que a ferramenta de diagnóstico em causa tem limites e que estes se colocam sobretudo na primeira fase do projecto. O facto da segmentação das áreas de lacunas em sistema vectorial ser feita manualmente, incorre em certa subjectividade por parte do analista e de quem processa os dados no programa informático. Mas, na realidade, os dados para serem representativos passam sempre por um processo de interpretação. Como, por exemplo, com a fotografia, que em certa medida também é uma abstracção da realidade, depende sempre do ponto de vista do fotógrafo, do seu equipamento, da técnica empregue e, naturalmente, do engenho pessoal colocado no processo. Com as "métricas de paisagem" o processo é semelhante.

Apesar de se usar o computador para a caracterização da obra, o processo nada tem de automático. A interpretação é sempre um processo de acuidade científica, quer seja no momento em que se lançam os dados, como na fase de análise dos resultados.

7 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1 Síntese Conclusiva

O pensamento científico aplicado ao Património Cultural, e em particular aos bens artísticos e pictóricos, tem contribuído de muitas formas para gerar novos horizontes no conhecimento do Homem.

No que diz respeito à Conservação, o surgimento recente de conservadores-restauradores com formação académica cada vez mais abrangente, em disciplinas científicas, por exemplo, com predilecção pelas metodologias de documentação e registo, poderá colocar novos modelos de abordagem à investigação na área.

Com o contributo das tecnologias de informação, o novo paradigma científico será naturalmente distinto. Veja-se, nesse sentido, como as ideologias mudam: o conceito de "Conservação e Restauro", antes designado só de "Restauro", começa a ser cada vez mais abrangente e a denominar-se de "Conservação".

Dada a especificidade da área, quando se trata da observação de um conservador-restaurador, este orienta-se por condição da própria profissão, não só para a literatura científica de suporte, mas também para interpretação dos dados que muitas vezes advém da observação do próprio objecto. Pode-se dizer que, em parte, opera-se como num sistema análogo ao da medicina, onde no caso da conservação dos bens culturais, o objecto é o paciente, e onde em ambas as situações, deve-se ter em conta: um apurado sentido de observação, de racionalização na fase de diagnóstico, estruturação da melhor estratégia de exame e análise e sentido de responsabilidade na intervenção.

No âmbito do presente estudo, com base nas investigações desenvolvidas, tendo sempre presente a importância do documento escrito (fontes bibliográficas), contextualizou-se a matéria no seu "estado de arte", mas evitou-se o recurso à compilação de dados de

outros autores, tentando-se desenvolver um trabalho experimental inédito. Pretendeu-se com a dissertação levar a depreender novas deduções acerca da "análise espacial", vista como um dos domínios de horizonte dos exames e das análises, orientada em particular para o estudo da aquisição da imagem (ortofotografia) e do uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Apesar dos SIG em Património não serem de modo algum uma perspectiva totalmente original, sobretudo em modelo de representação vectorial, procurou-se explorar na maioria dos exercícios as capacidades analíticas do modelo de representação matricial – pouco desenvolvido na conservação de pintura – apresentando-se alguns conceitos e funcionalidades características que têm a particularidade de se cruzarem com outras áreas do conhecimento, como a Detecção Remota e o Processamento Digital de Imagens.

Em primeiro lugar, no texto da dissertação, começou-se por tratar da importância da Documentação no Património. Seguiu-se uma exposição da correlação directa e emergente que a "análise espacial" pode vir a ter com os métodos de exame e análise mais clássicos. Numa terceira fase foram referenciadas algumas operações habituais no âmbito da informação geográfica, seleccionadas por terem sido aplicadas nos casos de estudo descritos no capítulo que relata o trabalho de laboratório, feito integralmente com uma visão exploratória e experimental.

Especificando melhor o trabalho desenvolvido nos capítulos, no primeiro dá-se nota da importância incontornável da Documentação dos Bens Culturais, dando-se ênfase a alguns dos documentos doutrinários e às aplicações em torno da área especifica da pintura. São ainda indicados, em modo de levantamento, alguns dos modelos conhecidos como formulários e relatórios de apoio às intervenções, passíveis de serem integrados em Sistemas de Gestão de Bases de Dados (SGBD).

No contexto do presente estudo, enuncia-se uma eventual aplicabilidade e adaptação da documentação de objectos às bases de dados e programas informáticos de SIG. Este ponto de vista, pela sua particularidade, à medida que ocorre um processo de

amadurecimento nas novas tecnologias por parte dos conservadores-restauradores, tal como se tem verificado noutras áreas (arqueologia, entre outras), poderá constituir uma ferramenta de grande importância nas tarefas de armazenamento da informação das obras de arte. No final desse primeiro capítulo faz-se ainda referência à aquisição de informação por varrimento *laser*, que poderá ser um caminho de futuro e que merecerá exploração no âmbito da documentação de objectos.

Na tese fez-se ainda um levantamento do estado da arte dos métodos de exame e análise em pintura de cavalete, indicando-se que, salvo recentes trabalhos académicos, as investigações fundamentadas são em escasso número. Tais investigações evidenciam frequentemente, discrepâncias em relações às terminologias, e são inclusive operadas com meios laboratoriais por vezes limitados. Raros são os textos que apresentam dados correlacionados com outros estudos e que são vistos nos vários cambiantes da área de conhecimento da Conservação.

Fazem-se também referências a uma das técnicas de aquisição de informação geográfica: a fotogrametria terrestre (de curto alcance ou não topográfica). Em particular, releva-se a importância da aquisição de imagem do tipo de ortofotografia. No estudo, conclui-se que a grande maioria dos trabalhos desenvolvidos em Património e em Fotogrametria são feitos em Arquitectura, e do ponto de vista do levantamento de informação espacial, que há correlação de matérias e metodologias entre o património edificado e as pinturas de cavalete.

Sobre o estudo fotogramétrico com o recurso a imagens múltiplas, por via do uso do programa informático *PhotoModeler*®, demonstraram-se elevadas potencialidades com um *software* de baixo custo na produção de ortofotografias. Concluiu-se que o método é bastante útil para posteriores aplicações. No entanto, teve-se presente que a qualidade das imagens, vista à luz do número de *pixéis*, é fundamental para o êxito dos projectos.

No texto focou-se também o uso dos SIG em Património Cultural e nas valências do modelo de representação matricial. Não se negligenciou a importância dos diversos estudos feitos em arqueologia e, em particular, da importância que os SIG podem ter na

documentação dos sítios, e do uso específico do programa informático para desenvolver modelos preditivos. Apesar de não terem sido referenciados casos de estudo com SIG em modelação 3D, equaciona-se a caracterização e análise de dados, facilmente correlacionáveis com a pintura de cavalete.

Ter imagens em formato digital é uma condição essencial para se fazerem análises e processar dados no computador. Numa primeira fase pode ser feito um pré-processamento, do tipo de realce, para melhor interpretação visual. O processamento digital consequente poderá ser feito por meio de algumas operações específicas de análise espacial, que culminam muitas vezes com a extracção de informações de modo semiautomático. No entanto, raramente esse processamento digital é levado a efeito sem o contributo directo do analista humano.

No que concerne a resultados experimentais, começou-se por enunciar a integração das ortofotografias nos SIG, abrindo-se na opinião do autor um universo de possibilidades para o armazenamento, visualização e análise espacial dos dados associados aos estudos técnicos de pintura. Numa fase posterior, a desenvolver em futuros estudos, após elencar um conjunto significativo de características materiais sobre as superfícies pictóricas, poderá ser exequível desenvolver estudos de área, vistos em torno das alterabilidades e zonas de maior ou menor potencial de degradação – mapas de risco.

Saliente-se também que o último bloco de estudo, o trabalho exploratório, fez-se numa área totalmente desconhecida da Conservação dos Bens Culturais (mas não da Conservação da Natureza!), como foi o caso da aplicabilidade de índices métricos, que na literatura especializada de gestão de ecossistemas se designam como "métricas de paisagem":

a) Com o indicador *Number of Patches* (*NumP)*, uma vez que está directamente relacionado com o número de regiões, é possível ter um parâmetro simples para a quantificação do trabalho da reintegração cromática. Nestes casos, quanto maior for o número de lacunas, maior é a quantidade de horas de contacto no processo e maior o número de acertos de cor.

b) Outro índice extremamente importante é o *Landscape Shape Index* (*LSI*), e que em certa medida dá uma informação acerca da irregularidade das áreas de cada classe: quanto maior for a valoração desse parâmetro, menos circulares são as áreas. Tendo em linha de conta que se houver áreas muito irregulares e num número significativo de regiões, maior dificuldade haverá em acertos de cor e, como tal, exigirá um maior nível técnico do conservador-restaurador para desempenhar a intervenção.

c) Além dos índices indicados, outro que revela uma atenção no processo é o da *Edge Density* (*ED)*, que documenta a extensão das periferias. Com a métrica *Mean Nearest Neighbour Distance* (*MNN*) exprime-se a separação de regiões, ou seja, o seu grau de isolamento, e com a *Landscape Shape Index* (*LSI*) sugere-se uma fórmula original para apreciação do nível de perícia (de cada tipologia de região), eventualmente associado ao trabalho de reintegração cromática e recuperação de uma pintura (*SKILL = ED/LSI x MNN*).

Importa também anotar uma questão que poderá parecer uma particularidade, mas que se demonstrou fulcral em todo o processo metodológico da presente investigação. Um estudo desta natureza implica sempre um conjunto apreciável de horas de tratamento de dados informáticos, isto, de forma a optimizar procedimentos, quer seja pela consulta dos manuais dos programas informáticos, quer seja pela experimentação incessante de operações informáticas, ou mesmo pela aprendizagem, troca de informação e colaboração de especialistas.

Deste estudo de investigação, quando estão apurados alguns conceitos preliminares sobre uma técnica de registo e sobre o tratamento da informação geográfica pode-se concluir que há várias evidências de exploração do tema que ficam em aberto para trabalhos subsequentes e que deverão ser necessariamente mais aprofundadas.

Considera-se que para a Conservação, a emergência das recentes tecnologias de informação computadorizadas (digitais), colocam-se novos paradigmas para a evolução da área. O que na prática implicará aprendizagem com modelos diferentes ao nível do

processo de comunicação, formação adequada, racionalização distinta. Assim, quando se coloca a questão da caracterização de superfícies, antes da interpretação, a aquisição de informação e obtenção de dados pode ser nuclear como ponto de partida dos projectos.

Se virmos o contexto da tese de modo abreviado, tendo em linha de conta somente o estudo material, em contraponto com a vertente semântica da interpretação dos dados, por um lado temos as "metodologias de registo" e por outro a racionalização dos mesmos. Sobre essa racionalização do espaço físico, é ponto assente que apareceu com os primeiros registos fotográficos, com a fotogrametria analógica, e veio a ser um campo emergente de investigação e aplicação das tecnologias de modelação do espaço, que resultaram do enorme desenvolvimento das tecnologias computacionais das últimas décadas.

A utilização de técnicas de processamento digital para interpretação de dados tem as suas vantagens e desvantagens. Geralmente, os modelos manuais requerem pouco equipamento especializado, enquanto a análise digital implica um investimento dispendioso. A interpretação, por exemplo, com programas informáticos correntes de tratamento de imagem (*Photoshop*®, entre outros) tem a desvantagem de não se poder operar com imagens classificadas. Os sistemas mais tradicionais usados na conservação apresentam-se como modelos demasiado subjectivos, o que significa que os resultados podem variar consoante os intérpretes. O *software* de SIG (ou de detecção remota) acaba por ser o ambiente mais adequado para análise de muitas imagens em simultâneo, aquelas que se apresentam por vezes com várias bandas espectrais. Em todo o caso, dada a robustez dos programas, podem inclusive também processar grandes conjuntos de dados de modo muito rápido.

A análise digital é baseada na manipulação de funcionalidades, algoritmos e conjuntos de regras, portanto mais objectivas, que resultam em informações consistentes que podem ser apreciadas e validadas por outros analistas. No entanto, a validade e precisão deve ser claramente exposta nos relatórios técnicos porque também nem sempre é fácil de reproduzir todos os processamentos da imagem.

É importante sublinhar que a análise visual das imagens, sendo uma abstracção, não deverá excluir a acção interpretativa humana, tanto para uma identificação mais precisa dos fenómenos, como para comprovação e legitimação dos processos em causa. Como tal, para analisar imagens em pintura é conveniente identificar vários elementos característicos, sejam eles originais, adições do autor ou reflexos de acções de restauro.

A primeira das perspectivas é que a obra que se observa deve ser incontornavelmente vista segundo uma contextualização histórico-artístico, mas sobretudo segundo uma perspectiva holística. Isto quer dizer que o melhor documento de análise da obra é a própria obra, e para tal é fundamental o conhecimento da tecnologia de produção e da sua materialidade. As lacunas de informação levam frequentemente as interpretações precipitadas acerca de autorias. Se houvesse disponível um suporte de bases de dados de informação transversal com inventariação e interpretação geométrica 3D, poder-se-ia eventualmente mitigar processos de análise incoerentes. É o conjunto de evidências no seu todo, que caracteriza o objecto artístico. E isso, por sua vez, ocorre quando se reconhece a relação indissociável entre os valores da dimensão documental, histórica, tecnológica, material, artística e, não menos importante, do intangível associado ao objecto. Sem essa noção bem assimilada, dificilmente se pode fazer uma abordagem conservativa e de algum modo considerá-la como uma “boa prática”.

A imagem é na realidade uma valência muito importante no processo de análise. O facto das imagens, por vezes, serem registos de pormenor, sejam eles fotográficos, radiográficos, reflectográficos ou obtidos em microscopias, permite ainda identificar características muito particulares nos Bens Culturais em estudo. Mas, na prática, fica a questão de como é que se poderá equacionar a forma de extrair características particulares das imagens. A resposta provavelmente virá de múltiplas formas, mas sobretudo só através da experiência de muito observar e reflectir é que será possível obter resultados consistentes. Isso verifica-se, especialmente, no decorrer das acções de conservação, uma actividade que tem o privilégio de conviver com o objecto material durante largos períodos de tempo, e que leva logicamente a uma maturidade na interpretação de determinados fenómenos associados às alterações e aos pormenores de tecnologia do bem artístico.

Reconhecer características singulares é a chave da interpretação e da extracção de informação. Observar os pormenores particulares nas imagens, tendo em atenção as cores, formatos, tamanhos, padrões, texturas, sombras e associações de elementos é fundamental no processo interpretativo. Segundo uma instituição de referência na análise de imagens, o *Canada Centre for Remote Sensing*[500], essa interpretação pode ser parametrizada.

Correlacionando, por exemplo, noções de detecção remota, em relação às sete características particulares para interpretação da pintura, podemos apreciar os seguintes parâmetros:

a) A COR refere-se ao estímulo cromático induzido nos sensores visuais, um elemento fundamental para que se possa operar a percepção da imagem. As múltiplas variações cromáticas observadas contribuem para distinguir as diversas características pictóricas associadas à forma, textura e padrão. A particularidade provavelmente mais significativa numa pintura é a cor dos pigmentos ou dos corantes.
b) Quanto ao FORMATO, diz respeito a uma propriedade geométrica observada sobretudo na linha de contorno da característica ou elemento em causa. A forma pode ser também associada à noção de morfologia e é recorrentemente fundamental numa interpretação. Tome-se como exemplo que uma rede de fissuras pode ter uma estrutura em espiral, longitudinal ou aleatória.
c) O TAMANHO dos elementos numa imagem é em função de uma escala. É importante ter uma indicação precisa do tamanho dos vários elementos para poder correlacioná-los e referenciá-los. No campo da fotogrametria terrestre temos por excelência uma valência na avaliação das características métricas, com a particularidade de ser uma análise de não contacto. Fazer uma medição à espessura da pincelada pode contribuir para uma caracterização do pintor e consolidar elementos para uma autoria.

[500] Vd. CANADA CENTRE FOR REMOTE SENSING – Tutorial: Fundamentals of Remote Sensing Image interpretation & analysis Elements of Visual Interpretation. *In http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ resource/tutor/fundam/chapter4/02_e.php* (Consulta a 28 de Dezembro de 2009; 15h).

d) Acerca do PADRÃO, ele está associado ao arranjo espacial repetitivo de vários elementos. Um caso corrente em pintura de cavalete afecto aos tipos de padrões são as lacunas e o tipo de tecelagem (tafetá, entre outros).

e) A TEXTURA refere-se à disposição e frequência da variação de tons em áreas específicas de uma imagem. Em imagens a preto e branco, texturas rugosas consistem em tons onde os níveis de cinza mudam abruptamente, enquanto as texturas suaves, têm pouca variação tonal. Texturas suaves são na maioria das vezes o resultado de uma uniformidade da superfície. A textura é um dos elementos mais importantes para distinguir características pictóricas de superfície em pinturas de cavalete.

f) As SOMBRAS fornecem uma ideia da altura relativa de determinada característica de superfície. Normalmente estão dependentes das irregularidades superficiais. Em pintura de cavalete é sobejamente conhecida a utilidade da fotografia de luz rasante na análise macroscópica de pinceladas.

g) As ASSOCIAÇÕES têm em conta o relacionamento entre os objectos reconhecíveis. A identificação de características que se poderia esperar ao associar com outras características pode fornecer informações para facilitar a identificação. Como exemplo de associação temos os destacamentos, que podem estar associados à falta de adesão entre o suporte e a camada cromática. Ou então, determinados pigmentos constituintes da paleta de um pintor, que quando relacionados com o modo de modelação das formas permite caracterizar determinada oficina ou corporação de artesãos/pintores.

Conclui-se que, da observação dos múltiplos pontos de vista da dissertação, as técnicas de análise espacial utilizadas na caracterização das superfícies permitiram fornecer noções bem distintas das comuns, passíveis de serem interpretadas pelos conservadores-restauradores.

7.2 Desenvolvimentos Futuros

No que concerne à viabilidade de futuros estudos com modelação 3D em SIG, após uma época de programas informáticos comerciais, adivinha-se que as aplicações gratuitas, disponibilizadas pelas comunidades virtuais na *Internet*, constituirão um paradigma completamente distinto do actual. Esse novo modelo, de investigação científica contemporânea, estará certamente a breve prazo assente sobretudo em aplicações informáticas *freeware* operáveis na *cloud*. E onde, provavelmente, o valor dado à partilha (*sharing*) dos intervenientes, à disponibilização gratuita de conteúdos na *Web*, à visualização em múltiplas plataformas e à sincronização de equipamentos, revolucionará não só do ponto de vista metodológico, mas também a forma como nos relacionamos com a preservação dos bens materiais.

Como tem ocorrido nos diversos modelos sociais e de comunicação da Humanidade, o conhecimento sempre viajou sem fronteiras. Hoje, na contemporaneidade e na afirmação de maturidade da era da tecnologia informática digital, mais do que nunca a democratização da informação está em rede e em pleno vigor para responder aos problemas do presente.

Independente das plataformas ou métodos de intersecção, da natureza ou da qualidade do que se escreve e do que se interpreta (parâmetro que invoca sempre apreciações subjectivas), os objectivos essenciais das investigações aplicadas – como a desenvolvida – sugerem ser, com as suas especificidades autorais, o de comunicar, o de legar contributos e o de sugerir novas horizontes ao estudo do meio envolvente.

Dois desenvolvimentos futuros se podem equacionar como resultado final da presente dissertação: a elaboração de um Sistema de Informação Pictórico (SIP) e o surgimento de uma nova disciplina na área da Conservação designada de “Metodologias de Documentação e Análise Espacial em Património”.

7.2.1 Sistema de Informação Pictórico (SIP)

A primeira proposta sugerida para posteriores estudos, prende-se com a elaboração de um Sistema de Informação Pictórico (SIP). Esse sistema poderia ser conduzido, preferencialmente, no âmbito de um processo de inventariação de um espólio museológico ou num espaço por musealizar. Na prática, a estrutura desse novo modelo de inventariação, distinguir-se-ia da tradicional, pela introdução do levantamento geométrico dos objectos e pela caracterização por análise espacial dos fenómenos e alterabilidades presentes nas peças.

Elaborar-se-ia um elenco dos objectos onde, além das frequentes informações de carácter histórico-artístico assentes na bibliografia fundamentada e da documentação fotográfica tradicional, se introduzia a noção de "mapa temático" (MT) de superfície e uma consequente interpretação dos sinais de degradação.

A reformulação sugerida aos modelos de inventariação tradicionais introduziria um novo conceito, o do "mapa de risco do objecto" (MRO). Nesse sentido, para efectivação da gestão de dados, em modo de cartografia digital, poder-se-á ter as seguintes linhas de actuação:

a) Recolha sistemática de informação e integração de todas as informações ligadas à pintura;
b) Formação de um conhecimento exacto da obra por via do armazenamento de dados (materialidade);
c) Armazenamento de informações sobre o estado de conservação da peça;
d) Suporte para decisões durante a fase de planificação, projecto e execução das intervenções;
e) Um espaço operacional adequado para o desenvolvimento de pesquisas sobre o objecto pictórico;
f) Concepção de um mapa de risco pictórico (agentes de degradação química e física, factores internos e externos).

As informações específicas integráveis num SIP podem ser as seguintes:

a) Dados de tipo alfanumérico de natureza genérica sobre a tipologia da obra (tela, madeira, folha metálica), proveniência (percurso histórico), proprietário;
b) Dados de tipo alfanumérico sobre cotações de mercado conhecidas da obra;
c) Documentos históricos de tipo alfanumérico (iconografia, referências bibliográficas da obra);
d) Documentos históricos de tipo matricial (imagens de diversas tipologias e suas fontes);
e) Dados de tipo alfanumérico associados ao levantamento de informação de natureza material;
f) Dados de tipo alfanumérico afectos ao levantamento de dados sobre técnica da obra;
g) Dados de tipo alfanumérico que informem sobre o estado de conservação do objecto;
h) Dados de tipo vectorial referenciados a regiões cromáticas e relevo da superfície;
i) Dados de tipo matricial (fotografias, ortofotografias);
j) Dados de tipo matricial que contribuam para identificar e produzir mapas temáticos de diagnóstico;
k) Dados de tipo alfanumérico, onde sejam anotadas em texto informações de diagnóstico;
l) Outras informações relativas às intervenções de conservação sucedidas na obra ao longo do tempo.

Os objectivos específicos do SIP apontam para a:

a) Visualização vectorial do espaço pictórico em 2D e 3D nas escalas adequadas;
b) Realização de cartografia e mapas temáticos;
c) Identificação e quantificação de áreas referidas e temáticas específicas;
d) Interrogações das tabelas da base de dados em relação às temáticas qualitativas e quantitativas;

e) Definição e cálculo de quantidades em análises de previsão das intervenções específicas;
f) Execução de avaliações orçamentais sobre as hipóteses de intervenção;
g) Visualização directa de fotografias e documentos;
h) Apoio à redacção de sínteses avaliativas (pareceres);
i) Elaboração de hipóteses virtuais de recuperação;
j) Exportação dos textos elaborados para suporte de projectos de recuperação;
k) Exportação de textos elaborados como suporte para estudos técnicos e histórico artístico;
l) Armazenamento de ficheiros respeitantes à divulgação na *web*;
m) Plataforma interdisciplinar com visualizações VRML (*Virtual Reality Modeling Language*);
n) Acondicionamento das referências técnicas aplicadas nos registos de imagem (*raster*);
o) Acondicionamento de referências acerca das metodologias de exame e análise;
p) Acondicionamento e disponibilização de registos espectrográficos obtidos nas análises.

7.2.2 Uma proposta de disciplina de "Metodologias de Documentação e Análise Espacial em Património"

Em relação ao eventual surgimento de uma nova disciplina na área da Conservação, designada de "Metodologias de Documentação e Análise Espacial em Património", mais do que uma ideia, poderá ser actualmente uma necessidade.

No âmbito da Conservação, de um modo geral, não se valoriza e se dá a devida importância à Documentação. São raríssimas as situações (se há alguma!) em que as instituições que tutelam o Património e que fazem intervenções têm disponível às comunidades sistemas operativos úteis à investigação e ao desenvolvimento.

Perante o cânone acima descrito, para que a gestão da informação seja útil, pensamos que deverá estar assente em modelos de consulta e visualização funcionais. Uma forma que pensamos ser proveitosa para esse impulso seria a criação de uma nova disciplina nos cursos de Conservação do Património que levasse a introduzir sentido de responsabilidade à Documentação e contribuísse para a colmatação da lacuna que aparentemente impera. Com essa "adição", potenciava-se no mínimo a relação que alguns actores de Património têm com as tecnologias de comunicação e projectava-se os futuros conservadores-restauradores precisamente para o "futuro".

Na realidade, a fórmula é a mesma de sempre. Quando há interesse e maturidade, a memória preserva-se com engenho. Seja pela criação, manutenção e preservação dos espólios tradicionais (livros, revistas, jornais, filmes, registos fonográficos, entre outros) ou pela adequação às novas tecnologias e aos novos horizontes.

Em linhas gerais, sugere-se que a disciplina de "Metodologias de Documentação e Análise Espacial em Património" tivesse os seguintes conteúdos programáticos:

a) A importância da Documentação segundo as Cartas de Património;
b) Formulários e fichas de diagnóstico e intervenção em Conservação;
c) O "Relatório prévio", "Relatório intercalar" e "Relatório final" ao abrigo do Decreto-lei 140/2009;
d) Sistemas de Gestão de Bases de Dados (SGBD) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) – modelo de representação matricial e vectorial;
e) Métodos de Exame e Análise (análise espacial e foto-interpretação);
f) Inventariação geométrica (fotogrametria terrestre e varrimento laser 3D);
g) O "mapa temático" (MT) e o "mapa de risco do objecto" (MRO);
h) Mecanismos de divulgação de conteúdos em Unidades de Investigação e Desenvolvimento (I&D)

Se bem que o elenco acima possa ser ajustado, as competências que os alunos deveriam adquirir seriam, sobretudo, ao nível da familiarização com as novas tecnologias de comunicação, assim como a de consolidar capacidades na operacionalidade com

sistemas digitais. Pela especificidade do tema, faz-se ainda uma chamada de atenção que os sistemas de documentação e registo fotográficos tradicionais não estão incluídos intencionalmente no elenco de conteúdos proposto.

A proposta reside, assim, numa capacidade em relevar a importância das "ferramentas" digitais, a fim de dar resposta aos problemas colocados pelos métodos de investigação contemporâneos.

FONTES E BIBLIOGRAFIA

FONTES ELECTRÓNICAS

ANASTASIOU, A.; GEORGOPOULOS, A.; MAKRIS, G.N.; CHATZIPARASSIDIS, N. – Documentation of Frescoes and Mosaics. A Complete Approach. *In CIPA XVIIth International Symposium, October 3-6, 1999 Recife/Olinda, Brazil. In http://cipa.icomos.org/text%20files/olinda/99c303.pdf* (Consulta a 29 de Junho de 2010;15h).

ASPRS – The imaging & Geospatial Information Society. ASPRS Online. *In http://www.asprs.org/society/about.html* (Consulta a 8 de Novembro de 2008; 14h).

BALAS, Costas; ANTONOPOULOS, Grigorios; EPITROPOU, Georgios; TSAIRIS, Georgios; ARGYRIADOU, Kallia; GEORGAKILAS, Alexandros; HADJINICOLAOU, Nicos – Hyper-spectral imaging system with embedded spectral segmentation and classification algorithms for the non-destructive analysis of artworks and manuscripts an application in paintings by El Greco. *In 9th International Conference on NDT of Art, Jerusalem, Israel, 25-30 May 2008. In http://www.ndt.net/article/art2008/papers/111Balas.pdf* (Consulta a 4 de Abril de 2009; 14h).

BALZANI, M.; CALLIERI, M.; CAPUTO, G.; CIGNONI, P.; DELLEPIANE, M.; PINGI, P. PONCHIO, F.; SCOPIGNO, R.; TOMASI, A.; UCCELLI, F. – Using multiple scanning technologies for the 3D acquisition of Torcello's basilica. Int. Workshop 3D-ARCH'2005 - 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, August 22-24, 2005, Mestre-Venice, Italy – 2005. *In http://www.isprs. org/proceedings/XXXVI/5-W17/pdf/5.pdf* (Consulta a 5 Julho de 2010; 10h).

BOCCARDO, Piero; DEQUAL, Sergio; LINGUA, Andrea; RINAUDO, Fulvio – True digital orthophoto for architectural and archaeological applications. In

BRITO, Jorge; COELHO, Luís – Fotogrametria digital. Instituto Militar de Engenharia, 2002. *In www.efoto.eng.uerj.br/_media/doc:intro.pdf* (Consulta a 6 de Novembro de 2008; 19h).

CANADA CENTRE FOR REMOTE SENSING – Tutorial: Fundamentals of Remote Sensing Image interpretation & analysis Elements of Visual Interpretation. *In http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/chapter4/02_e.php* (Consulta a 28 de Dezembro de 2009; 15h).

CIPA – International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage. *In http://cipa.icomos.org/* (Consulta a 5 de Julho de 2010; 14h).

CHAPTAL, Jean-Antoine – Notice sur quelques couleurs trouvées a Pompeïa. Annales de Chimie, n.º 70, (1809), pp. 22-31. *In http://books.google.com/books?id=mydnnq8M Uq8C&pg=PA28#v=onepage&q&f=false* (Consulta a 26 de Julho de 2010; 21h).

COLÉGIO DA ORDEM DOS ENGENHEIROS – Actos de Engenharia Geográfica. *In http://www.ordemengenheiros.pt/Default.aspx?tabid=212* (Consulta a 8 de Agosto de 2008; 2h).

COLUMBIA UNIVERSITY LIBRARIES – Georeferencing an image in ArcGIS. *In http://library.columbia.edu/indiv/dssc/eds/georef.html* (Consulta a 9 de Janeiro de 2012, 23h).

COMELLI, Daniela; NEVIN, Austin; GULOTTA, Davide; TONIOLO, Lucia; VALENTINI, Gianluca; CUBEDDU, Rinaldo – Integrated Hyper spectral and time resolved fluorescence imaging combined with statistical data analysis: diagnostic investigations of wall paintings. *In 9th International Conference on NDT of Art, Jerusalem, Israel, 25–30 May 2008. In http://www.ndt.net/article/art2008/papers/184 Comelli.pdf* (Consulta a 4 de Abril de 2009; 14h).

COMPUTER APPLICATIONS IN ARCHAEOLOGY (CAA) – Proceedings contents. *In http://www.leidenuniv.nl/caa/proceedings/proceedings_contents.htm* (Consulta a 9 de Novembro de 2009; 17h).

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES CANADA – Numérisation en couleurs, dans les trois dimensions et à haute résolution avec le scanneur 3D couleur portable de tableaux au Centre de recherche et de restauration des musées de France. *In http://www.nrccnrc.gc.ca/fra/idp/iti/apropos/numerisation-tableau.html* (Consulta a 22 de Outubro de 2008; 16h).

DUARTE, A. A. Miranda; ALTROCK, P. Von – The close range photogrammetry in the documentation of the rocks art. Study of case archaeological site Santinho Norte I – SC/Brazil'. *In CIPA 2005 XX International Symposium, 26 September – 01 October, 2005, Torino, Italy*. *In http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/Torino2005/463.pdf* (Consulta a 15 de Janeiro de 2010, 17h).

DRAP, P., SEINTURIER, J; CHAMBELLAND, J.; GAILLARD, G.: PIRES, H.; VANNINI, G.; MUCCIOTTI, M.; PRUNO, E. – Going to Shawbak (Jordan) and getting the data back: toward a 3D GIS dedicated to medieval archaeology. *In Proceedings of the 3rd ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2009: "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures" Trento, Italy, 25-28 February 2009. In http://www.isprs.org/commission5/3darch09/* (Consulta em 5 de Janeiro de 2010; 22h).

ECCO – Professional Guidelines. In http://www.ecco-eu.org/about-e.c.c.o./professional *-guidelines-3.html* (Consulta a 21 Junho de 2010; 15h).

E-FOTO – Uma estação fotogramétrica digital educacional livre sob a GNU/GPL. *In http://www.efoto.eng.uerj.br/doku.php?id=pt-br:start* (Consulta a 15 de Janeiro de 2011; 16h).

ESTEIO – Captação fotogramétrica. *In http://www.esteio.com.br/portugues/?pagina =servicos/oferecidos/cap_fot.php* (Consulta a 16 de Novembro de 2011; 2h).

ELKIE, P. C.; REMPEL, R. S.; CARR, A. P. – Patch Analyst user´s manual: a tool for quantifying landscape structure (NWST Technical Manual TM-002). Thunder Bay, Ontario: Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science & Tecnology, Feb. 1999. *In http://www.rocchini.net/ecopae/mat_did/pa_manual.pdf* (Consulta a 16 de Agosto de 2011; 13h).

EPPICH, R.; CHABBI, A. – Recording, Documentation, and Information Management for the Conservation of Heritage Places – Illustrated Examples. *In http://www.getty.edu/conservation/publications/pdf_publications/illustrated_examples1.pdf* (Consulta a 8 de Junho de 2009; 17h).

ESRI, a – Georeferencing a raster dataset. ArcGIS Desktop 9.3 Help. *In http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Georeferencing_a_raster_dataset* (Consulta a 1 de Maio de 2010; 16h).

ESRI, b – ArcGIS Resource Center. How Kernel Density works. *In http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_Kernel_Density_works/009z00000011000000/* (Consulta a 4 de Janeiro de 2012; 20h).

ESRI, c – History. *In http://www.esri.com/about-esri/about/history.html* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 2h).

ESRI, d – ArcGIS Desktop 9.3. *In http://www.esri.com/* (Consulta a 10 de Outubro de 2008; 14h).

ESRI, e – ArcGIS Help 9.3. Principal Components. *In http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Principal_Components* (Consulta a 30 de Dezembro de 2009; 17h).

ESRI, f – ArcGIS Help 9.3 – MLClassify. *In http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/ 9.3/index.cfm?TopicName=MLClassify* (Consulta a 30 de Dezembro de 2009; 18h).

ESRI, g – ArcGIS Help 9.3 - Iso Cluster. *In http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/ index.cfm?id¼5733&pid¼5723&topicname¼Iso_Cluster* (Consulta a 30 de Dezembro 2009; 19h).

ESRI, h – ArcMAP. Tutorial. In http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/pdf/ArcMap *_Tutorial.pdf* (Consulta a 12 de Outubro de 2008; 18h).

EUROPEAN NETWORK FOR CONSERVATION-RESTORATION EDUCATION – Code of Ethics Copenhagen 1984. The Conservator-Restorer: a Definition of the Profession. *In http://www.encoreedu.org/encore/DesktopDefault.aspx?tabindex=1& tabid=191* (Consulta a 25 de Fevereiro de 2011; 15h).

GIOVAGNOLI Annamaria; CAPANNA, Francesca; IOELE, Marcella; MARCONE, Anna Maria; OZINO-CALIGARIS, Emanuela; RISOTTO, Lidia; SINGH, M. – The mural paintings of the Ajanta caves, part I: Documentation on execution techniques and conservation condition. 9th International Conference on NDT of Art, Jerusalem Israel, 25-30 May 2008. *In http://www.ndt.net/article/art2008/papers/058Capanna.pdf* (Consulta a 24 de Junho de 2010).

GISDEVELOPMENT – *Geospatial Application Papers*: Archaeology. *In http://www.gisdevelopment.net/application/archaeology/general/archg0002.htm* (Consulta a 28 de Dezembro de 2009; 19h).

GIS DICTIONARY – Attribute. In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GIS*Dictio nary/term/attribute* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 2h).

GIS DICTIONARY – Data. In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GIS*Dictio nary/term/data* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 2h).

GIS DICTIONARY – Georeferencing. In http://support.esri.com/en/knowledgebas*e/GIS Dictionary/term/georeferencing* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 2h).

GIS DICTIONARY – Label. In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GIS *Dictionary/term/label* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 2h).

GIS DICTIONARY – Map. In http://support.esri.com/en/knowledgebase/ *GISDictionary/term/map* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 2h).

GIS DICTIONARY – Model. In http://support.esri.com/en/knowledgebase/ *GISDictionary/term/model* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 14h).

GIS DICTIONARY – Polygon. In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GIS *Dictionary/term/polygon* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 14h).

GIS DICTIONARY – Point. In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GIS *Dictionary/term/point* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 14h).

GIS DICTIONARY – GIS. In http://support.esri.com/en/knowledgebase/ *GISDictionary/term/gis* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 14h).

GONÇALVES, Gil Rito – Fotogrametria digital. Modelação tridimensional em fotogrametria terrestre. *In https://woc.uc.pt/matematica/class/getprojects.do?idyear=4& idclass=415&* (Consulta a 18 de Fevereiro de 2009; 19h).

HENRIQUES, Frederico; GONÇALVES, Alexandre; CALVO, Ana; BAILÃO, Ana – Application of spatial analysis operations for the characterization of wood painting features: furniture beetle holes, shellac coverage, graphite inscription and radiography. *In COST IE0601 International Conference, "Wooden Cultural Heritage: Evaluation of Deterioration and Management of Change, 7 e 10 de Outubro, de 2009, Hamburgo. In http://www.woodculther.com/?cat=4* (Consulta a 24 de Julho de 2011; 16h).

HENRIQUES, Frederico; BAILÃO, Ana; GARCIA, Miguel – The conservation-restoration of the “Charola” paintings of the Convent of Christ in Tomar. e_conservation, the online magazine, n.º 14, Maio (2010), pp. 55-69. *In http://www.e-conservationline.com/content/view/882/297* (Consulta a 25 de Julho de 2011; 23h).

ICOM-CC – Terminology to characterize the conservation of tangible cultural heritage. *In http://www.icom-cc.org/242/about-icom-cc/what-is-conservation/* (Consulta a 8 de Dezembro de 2011; 23h)

ICOMOS – International Council on Monuments and Sites (ICOMOS), Charters, Resolutions and Declarations, 2005. *In http://www.international.icomos.org/charters.htm* (Consulta a 5 de Julho de 2010; 14h).

ICOMOS – The monument for the man. Records of the II International Congress of Restoration (ICOMOS, Venezia, 25-31 maggio 1964). *In http://www.international.icomos.org/publications/hommedecin.pdf* (Consulta a 14 de Junho de 2010; 22h).

ICOMOS – Carta de Cracóvia (2000) sobre a conservação do património construído. *In http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/carta_de_cracovia.pdf* (Consulta a 19 de Julho de 2010; 21h).

INSTITUTO DOS MUSEUS E DA CONSERVAÇÃO – Exame de área aplicados à pintura de cavalete. *In http://www.ipmuseus.pt/Data/Documents/Laboratorio/Exame_de_%C3%A1rea.pdf* (Consulta a 15 de Dezembro de 2009; 20h).

ISPRS; CIPA – The International Summer School in Archaeology, 3D Modeling in Archaeology and Cultural Heritage, Monte Verita, Ascona, Switzerland, 9 a 14 de Maio, 2008. *In http://www.3darchaeology.org/material.html* (Consulta a 9 de Novembro de 2009; 17h).

JIMÉNEZ BERNI, José Antonio; AGUILERA URENA, Mª Jesus; MEROÑO DE LARRIVA, Jose Emidio – Alternativas de software libre a los sistemas de información geográfica comerciales. *In Congreso Internacional Conjunto XVII Ingegraf – XV ADM. 1, 2 y 3 de Junio de 2005*. *In http://adm.ing.unibo.it/ADM%20Ingegraf%202005/pdf /COMUNICACIONES%20ACEPTADAS/GIS10.pdf* (Consulta a 25 de Janeiro de 2011; 18h).

KARRAS, G. – Simple Calibration Techniques for Non-Metric Cameras. Proceedings of CIPA International Symposium 2001, Potsdam, Germany. *In http://portal.survey.ntu a.gr/main/labs/photo/staff/gkarras/Karras_Cipa_2001b.pdf* (Consulta a 13 de Janeiro de 2010; 19h)

KURASHIGE, Hirotoshi; KATO, Jun; NISHIMURA, Shozo – The colored comparison of the wall sculpture with 3D laser scanner and orthophoto. In Proceedings of the ISPRS Working Group V/4 Workshop 3D-ARCH 2005:"Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures" Mestre-Venice, Italy, 22-24 August, 2005. *In http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/5-W17/pdf/25.pdf* (Consulta a 26 de Dezembro de 2010; 20h)

LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO – Restitución del Retablo de la Universidad de Oñati. *In http://www.ehu.es/docarq/LDA/ index.htm*~ (Consulta a 26 de Dezembro de 2010; 20h)

LAURIE; A. P. – Facts About Processes, Pigments and Vehicles. A Manual for Art Students. Londres, 1895. *In http://www.archive.org/details/cu31924031302130* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 21h).

LAURIE; A. P. – Greek and Roman Methods of Painting, Cambridge, Cambridge University Press, 1910. *In http://www.archive.org/details/cu31924016811006* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 21h).

LAURIE; A. P. – The materials of the painter's craft in Europe and Egypt: from earliest times to the end of the XVIIth century, with some account of their preparation and use. *In http://www.archive.org/details/cu31924016809927* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 21h).

LAURIE; A. P. – The painter's methods & materials: the handling of pigments in oil, tempera, water-colour & in mural painting, the preparation of grounds & canvas, & the prevention of discolouration, together with the theories of light & colour applied to the making of pictures, al described in a practical & non-technical manner. *In http://www.archive.org/details/ paintersmethodsm00lauruoft* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 21h).

LETELLIER, R. – Recording, Documentation, and Information Management for the Conservation of Heritage Places – Guiding principles. *In http://www.getty.edu/ conservation/publications/pdf_publications/guiding_principles.pdf* (Consulta a 8 de Junho de 2009; 23h).

LUCAMBIO, Fernando – Estimador Kernel da função de densidade. *In http://people.ufpr.br/~lucambio/CE210/destimator.pdf* (Consulta a 4 de Janeiro de 2012; 20 h).

MATEUS, Luís – Evaluating a low cost photogrammetry method with 3D laser scanning. *In http://archc3d.fa.utl.pt/sites/default/files/Mateus_full-text_aj.pdf* (Consulta 7 de Julho de 2010; 16h).

OSÓRIO, Marcos e SALGADO, Telmo – Um Sistema de Informação Geográfica aplicado na Arqueologia no Município do Sabugal. Praxis Archaeologica. *Revista Electrónica de Teoria, Metodologia e Política na Arqueologia*, Volume 2 (2007), pp. 9-22. *In http://www.praxisarchaeologica.org/issues/2007_0922.html* (Consulta a 26 de Setembro de 2008; 16h).

PATIAS, Petros – Cultural Heritage Documentation. International Summer School "Digital Recording and 3D Modeling", Aghios Nikolaos, Crete, Greece, 24-29 April. ETH; ISPRS; The Aristotle University. *In http://www.photogrammetry.ethz.ch/summer school/pdf/15_2_Patias_CHD.pdf* (Consulta a 5 de Julho de 2010; 23h).

PEIPE, J.; STEPHANI, M. – Performance evaluation of a 5 Megapixel digital metric camera for use in architectural photogrammetry. *In The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.* Vol. XXXIV, Part 5/W12. *Inhttp://www.commission5.isprs.org/wg4/workshop_ancona/proceedings/65.pdf* (Consulta a 6 de Agosto de 2008; 23h)

PEIPE, J.; TECKLEMBURG, W. - Photogrammetric camera calibration software - a comparison. *In* MAAS, H-G.; SCHNEIDER, D., ed. – *Proceedings of the ISPRS Commission V Symposium. 'Image Engineering and Vision Metrology', Dresden, Germany 25–27 September 2006, VOLUME XXXVI, PART 5*. *In http://www.isprs.org/ proceedings/XXXVI/part5/paper/1255_Dresden06.pdf* (Consulta a 20 de Novembro de 2011; 19h).

PEREIRA, Z.; MORGADO, A.; PEREIRA, L. G. – Comparison of different approaches to create architectural archives. *In ISPRS – Congress Istanbul, Proceedings of Commission IV, 2004*, pp. 552-557. *In http://www.isprs.org/congresses/istanbul2004/ comm4/comm4.aspx* (Consulta a 22 de Dezembro de 2009; 20h).

PETRESCU, Florian – The use of GIS technology in cultural heritage. *In XXI International CIPA Symposium, 01-06 October 2007, Athens, Greece. In http://cipa.icomos.org/text%20files/ATHENS/FP114.pdf* (Consulta a 7 de Julho 2010;17h).

PIRES, Hugo; MARQUES, Patrícia; HENRIQUES, Frederico; OLIVEIRA, Ricardo – Integrating laser scanning, multispectral imagery and GIS in C&R documentation practices: A first approach using two XVI century wood paintings from Convento de Cristo in Tomar. *In XXI International CIPA Symposium, 01-06 October 2007, Athens,*

Greece. In http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/Athens2007/FP118.pdf (Consulta a 6 de Maio de 2008; 17h).

POMASKA, Günter – First experiences with the new digital camera rollei d7 metric. *In Proceedings of the XVII CIPA Symposium, Recife, Brasil, 1999. In http://cipa.icomos.org/text%20files/olinda/99c413.pdf* (Consulta a 17 de Janeiro de 2011; 16h)

SHORT, Nicholas – NASA's remote Sensing Tutorial. *In http://rst.gsfc.nasa.gov/* (Consulta a 15 de Março de 2008; 21h).

SPATIAL ANALYSIS ONLINE – FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. *In http://www.spatialanalysisonline.com/output/* (Consulta a 19 de Setembro de 2011, 16h).

THE BRITISH MUSEUM – History of the Department. *In http://www.britishmuseum. org/the_museum/departments/conservation_and_science/history.aspx* (Consulta a 30 de Julho de 2010; 15h)

THE SOCIETY OF ANTIQUARIES OF LONDON – Archaeologia: or Miscellaneous tracts relating to antiquity. Volume 3. *In http://books.google.com/books?id=SVXoAAAA MAAJ&pg=PA355#v=onepage&q&f=false* (Consulta a 26 de Julho de 2010; 20h).

TROCADO, Pedro – ArcGIS 9. Documentação de apoio ao leccionamento. *In http://213.63.184.54/SitioDoUrbanismo/manuais/manual_arcgis.pdf* (Consulta a 12 de Outubro de 2008; 17h)

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA. – O sistema de visão artificial. Captação de imagens. *In http://www.joinville.udesc.br/processamento deimagens/captacao_de_imagens.html* (Consulta a 6 de Maio de 2008; 21h).

VERMEER CENTRE DELFT – Van Meegeren's Fake Vermeer's. *In http://www.essentialvermeer.com/misc/van_meegeren.html* (Consulta a 27 de Julho de 2010; 22h).

VIPSWIKI – Vips. In http://www.vips.ecs.soton.ac.uk/index.php?title=VIPS (Consulta a 6 de Maio de 2008).

WIKIPEDIA – ESRI. *In http://en.wikipedia.org/wiki/ESRI* (Consulta a 13 de Outubro de 2008; 19h).

WIKIPEDIA – ArcGIS. *In http://pt.wikipedia.org/wiki/ArcGIS* (Consulta a 11 de Outubro de 2008; 14h).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAS, Fazly Salleh – *Analysis of craquelure patterns for content-based retrieval*. Southampton: Faculty of Engineering, Science and Mathematics School of Electronics and Computer Science, 2004. Tese de doutoramento.

ACCARDO, Giorgio – Sullo stato di conservazione. *Bolletino ICR – Nuova serie*, n.º 8–9, (2004), pp. 4–22.

AITKEN, Geneviève; LAHANIER, Christian; PILLAY, Ruven; PITZALIS, Denis; CASSAN, Ilenia; KUZMINA, Elena; KOGA, Junko; SILVA, Rui Ferreira da; CURVELO, Alexandra; ESCOBAR, Nazaré; EMÍLIA, Matos; HSIAO, Hsien-Min – EROS: an open source database for museum conservation restoration. *In 14th Triennial Meeting. The Hague,12–16 September 2005*. James & James: Londres, 2005, pp. 15–23. Vol. I.

ALBERTZ, Jörg – Albrecht Meydenbauer – Pioneer of Photogrammetric Documentation of the Cultural Heritage. *In Proceedings 18th International Symposium CIPA 2001. Postdam (Germany),September 19–21, 2001.* Postdam: CIPA, 2001, pp. 19–25.

ALDROVANDI, Alfredo; PICOLLO, Marcello – *Metodi di documentazione e indagini non invasive sui dipinti.* Pádua: Il Prato, 2001.

ALMAGRO, Antonio – La Fotogrametria en la documentación del Patrimonio Histórico. In MARTÍN, Marcelo; RODRIGUEZ BARBERÁN, Javier, coord. – *Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos*. Sevilha: Junta de Andalucía; Consejería de Cultura; Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 1996, pp. 95–109.

ALTHOFER, Heinz – Zur Dokumentation in der Gemälde-restaurierung. *Österreichische Zeitschirift für Kunst und Denkmalpflege,* n.º 17, (1963), p. 83 e seguintes.

AGUIAR, José; MATEUS, Luís; FERREIRA, Victor – O Projecto de conservação e as novas metodologias de documentação. Evoluções recentes e alguns casos de estudo. *In* RODRIGUES, José Delgado; PEREIRA, Sílvia S. M. – *Actas do Simpósio: Património em Construção. Contextos para a sua preservação*. Lisboa: LNEC, 2011, pp. 327–334.

AMBROSINI, Dario; PAOLETTI, Domenica – Holographic and speckle methods for the analysis of panel paintings. Developments since the early 1970s. *Reviews in Conservation,* n.º 5, (2004), pp. 38–48.

AMBROSINI, Dario; DAFFARA, Claudia; BIASE, Roberta Di; PAOLETTI, Domenica; PEZZATI, Luca; BELLUCCI, Roberto; BETTINI, Francesca – Integrated reflectography and thermography for wooden paintings diagnostics. *Journal of Cultural Heritage*. Vol. 11, n.º 2, (2010), pp. 196–204.

AMORIM, Arrivaldo Leão de; MOREIRA, Daniel de Carvalho – Técnicas de reconstituição e de restituição digital de fachadas em edificações históricas: estudos de casos. *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*. Vol. 1, n.º 4, (2007), pp. 143–148.

ANGELUCCI, S.; MARTELLOTTI, G. – Il rilevamento dello stato di conservazione dei dipinti del museo civico di Pistoia. *In Catalogo delle collezioni del Museo Civico di Pistoia.* Florença: [S.n.], 1982.

ANGUIX ALFARO, Álvaro; SEVILLA MUELAS, Luís W.; CARRIÓN RICO, Gabriel – gvSIG: un Cliente avanzado par las Infraestructuras de Datos Espaciales. *Forum Geográfico. Revista Científica e Técnica do IGP*, Ano II, Outubro, n.º 2, (2007), pp. 15–23.

ANTUNES, Fernando dos Santos – Conservação e restauro: sector da actividade económica versus domínio científico-tecnológico – uma realidade, uma ficção ou uma utopia? *Revista do Grupo Espanhol do IIC (GEIIC),* n.º 1, (2010), pp. 37–57.

APPELBAUM, Barbara – *Conservation Treatment Methodology*. Oxford, Burlington: Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2009, pp. 400–412.

APPOLONIA, Lorenzo; VOLPIN, Stefano – *Le Analisi di Laboratorio Applicate ai Beni Artistico Policromi.* Pádua: Il Prato, 1999.

ARECCHI, T.; BELLINI, M.; CORSI, C.; FONTANA, R.; MATERAZZI, M.; PEZZATI, L.; TORTORA, A. – A New Tool for Painting Diagnostics: Optical Coherence Tomography. *Optics and Spectroscopy.* Vol. 101, n.º 1, (2006), pp. 23–26.

ARECCHI, T.; BELLINI, M.; CORSI, C.; FONTANA, R.; MATERAZZI, M.; PEZZATI, L.; TORTORA, A. – A new tool for painting diagnostics: Optical coherence tomography. *Optics and Spectroscopy*, 101, n.º 1, (2006), pp. 27–30.

ARJONILLA ÁLVAREZ, M. – El conocimiento y la conservación de los Bienes Culturales a través de estrategias interdisciplinares. *In* DURÁN DOMÍNGUEZ, G.; SANJOSÉ BLASCO, J. J., ed. – *Innovaciones en las Tecnologías de la Información aplicadas a la Conservación de Património*. Mérida: Asociación de Gestores Culturales de Extremadura, 2008, pp. 87–95.

ATKINSON, K. B. – *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Londres: Whittles Publishing, 1996.

BAGLIONI, Raniero; GONZÁLEZ LOPEZ, Maria José; LÓPEZ ROMÁN, Antonio – Catálogo de simbología de apoyo a la representación gráfica del informe técnico de bienes muebles. *Boletim IAPH*, n.º 19, (1997), pp. 41–50.

BAGLIONI, Raniero; GONZÁLEZ LOPEZ, Maria José; LÓPEZ ROMÁN, Antonio – Catálogo de simbología de apoyo a la representación gráfica del informe técnico de bienes muebles (II). *Boletim IAPH*, n.º 20, (1997), pp. 32–45.

BAILÃO, Ana; HENRIQUES, Frederico – Cleaning and retouching on paintings in Portugal: Historical and ethical issues in the last two decades of 20th century. *In La Restauración en el Siglo XXI. Función, Estética e Imagen. Actas do IV Congreso*. Cáceres: Grupo Espanhol del IIC, 2009, pp. 311–318.

BAILÃO, Ana; HENRIQUES, Frederico; CABRAL, Madalena; GONÇALVES, Alexandre – Primeiros passos de maturidade a caminho da reintegração cromática diferenciada em pintura de cavalete em Portugal. *Ge-conservación*, n.º 1, (2010), pp. 127–141.

BAILÃO, Ana – Metodologia e técnicas de reintegração cromática em pintura de cavalete. Porto: Universidade Católica Portuguesa, 2010. Dissertação de mestrado em Conservação de Pintura.

BAIO, Miguel; MATOS, João – *Detecção Remota*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2007. Diapositivos de leccionamento (Versão 2.0).

BALTSAVIAS, Emmanuel – A comparison between photogrammetry and laser scanning. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, n.º 54, (1999), pp. 83–94.

BARAZZETTI, L.; REMONDINO, F.; SCAIONI, M.; BRUTTO, M. Lo; RIZZI, A.; BRUMANA, R. –Geometric and radiometric analysis of paintings. *In International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 5 Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK*. Newcastle: ISPRS, 2010, pp. 62-67.

BARROS GARCIA, José Manuel – The use of the Matrix Harris to document the layers removed during the cleaning of painted surfaces. *Studies in Conservation,* Vol. 49, n.º 4, (2004), pp. 245–258.

BARROS GARCIA, José Manuel – Recording stratigraphic relationships among non-original deposits on a 16th century painting. *Journal of Cultural Heritage,* n.º 10, (2009), pp. 338–346.

BARROS GARCIA, José Manuel; FUENTES PORTO, Alba; PÉREZ MARIN, Eva – Tratamientos estéticos aplicados en las pinturas murales sobre lienzo de la Galería Dorada. Parte I: Limpieza del color y Estudio de faltantes colorimétricos. *In* MARTÍN REY, Susana; GUEROLA BLAY, Vicente; CASTELL AGUSTÍ, María, ed. – *Congreso Internacional de restauración de pinturas sobre lienzo de gran formato.* Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, 2010, pp. 269–284.

BARTOLI, Ninfa Cannada; PALAZZO, Michela; URBISCI, Sergio – Carta del rischio del património culturale. Il pólo regionale della Lombardia. *Bolletino ICR – Nuova serie*, n.º 6–7, (2003), pp. 4–25.

BARTON; Michael; BEZZI, Alessandro; BEZZI, Luca; FRANCISCI, Denis; GIETL, Rupert; NETELER, Markus – GRASS, Un potente GIS per archeologi. *In* BAGNARA, Roberto; JÁNICA, Giancarlo Macchi, ed. – *Open Source, Free Software e Open Format nei Processi di Ricerca Archeologici. Atti del I Workshop (Grosseto, 8 Maggio 2006)*. Siena: Universit`a degli Studi di Siena, 2006, pp. 1–7.

BEHRENS, Elke – Manual or digital graphic documentation: development of standards. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 135–145.

BERBERAN, António – *Elementos de Fotogrametria*. Mem Martins: Gráfica Europam Lda., 2003.

BERGEAUD, Clare; HULOT, Jean-François; ROCHE, Alain – *La dégradation despeitures sur toile – Methode d´examen des alterations.* Argenton-sur-Creuse: Imprimerie de L´Indre, 1997.

BERGEON, Ségolène – *Science et Patience ou la Restauration des Peintures*. Paris: Éditions de la Réunion des Musées Nationaux, 1990.

BERNARDINI, F.; RUSHMEIER, H. E.; MARTIN, I. M.; MITTLEMAN, J.; TAUBIN, G. – Building a Digital Model of Michelangelo’s Florentine Pieta – *IEEE Comp. Graphics & Applications*, n.º 22, (1), (2002), pp. 59–67.

BERNS, R. S.; RIE, René de la – Exploring the optical properties of picture varnishes using imaging techniques. *Studies in Conservation*, Volume 48, n.º 2, (2003), pp.73–82.

BERNS, R. S.; IMAI, Francisco H. – The use of multi-channel visible spectrum imaging for pigment identification. *In 13th Triennial Meeting Rio de Janeiro Preprints*. Rio de Janeiro: ICOM Committee for Conservation, 2002, pp. 217–222.

BERTANI, D.; CETICA, M.; POGGI, P.; PUCCIONI, G.; BUZZEGOLI, E.; KUNZELMAN, D.; CECCHI, S. – A Scanning Device for Infrared Reflectography. *Studies in Conservation*, n.º 35, (1990), pp. 113–116.

BERTANI, D.; CETICA, M.; PEZZATI, L. – High-resolution optical topography applied to ancient painting diagnostics. *Optical Enginnering*, n.º 34, (1995), pp. 3837–3844.

BERTANI, Duilio – La Reflectografia Infrarroja. *In* FINALDI, Gabriele; GARRIDO, Carmen - *El trazo oculto*. Madrid: Museu Nacional del Prado, 2006, pp. 54–63.

BLASCHKE, T.; TIEDE, D.; HEURICHB, M. – 3D Landscape metrics to modelling forest structure and diversity based on laser scanning data. *In The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Freiburg, Vol. XXXVI-8/W2, 2004, pp. 129–132.

BOER, J. R. J. van Asperen de – Infrared Reflectograms of Panel Paintings. *Studies in Conservation*, n.º 11, (1966), pp. 45–46.

BOER, J. R. J. van Asperen de – Infrared Reflectography: a Method for the Examination of Paintings. *Applied Optics*, n.º 7, (1968), pp. 1711–1714.

BOER, J. R. J. van Asperen de – Reflectography of paintings using an infrared vidicon televisión system. *Studies in Conservation*, n.º 14, (1969), pp. 96–118.

BOER, J. R. J. van Asperen de – *Infrared Reflectography. A Contribution to the Examination of Earlier European Paintings*. Amsterdão: Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, 1970. Tese de Doutoramento da Universidade de Amesterdão.

BOER, J. R. J. van Asperen de – A note on the use of an Improved Infrared Vidicon for Reflectography of Paintings. *Studies in Conservation*, n.º 19, (1974), pp. 97–99.

BOER, J. R. J. van Asperen de – Slowly Towards Improved Infrared Reflectography Equipment. *In* FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, pp. 57–64.

BOGOVČIČ, Ivan – Symbols graphiques dans la documentation concernant la restauration. *In 6ème Réunion triennale.* Ottawa: ICOM-CC, 1981.

BORELLINI, Gian Carlo; CAVAGNINI, Giordano; COCCOLI, Carlotta; MAPELLI, Mapelli – La documentazione degli interventi sui dipinti murali attraverso l'utilizzo della tecnologia G.I.S.: il caso del monastero di Cairate (VA). *In Sulle pitture murali. Riflessioni, Conoscenze, Interventi, Atti del XXI Convegno di Studi "Scienza e Beni Culturali", Bressanone, 12–15 luglio 2005.* Bressanone: [S.n.], 2005, pp. 307–316.

BOTICA, Natália; SANTOS, Maribel Yasmina; LEMOS, Francisco Sande – Data Mining e Património Arqueológico. *In* ISAÍAS, Pedro; KARMAKAR, Nitya, ed. – *Conferência IADIS Ibero-Americana WWW/Internet*. Algarve: IADIR Org., 2003, pp. 73–84.

BOTICA, Natália – *Servator. Modelo Preditivo de Apoio à Prospecção Arqueológica*. Braga: Universidade do Minho, 2004. Dissertação de Mestrado.

BOTICA, Natália; FONTES, Luís; RORIZ, Ana – O contributo das TIC para o desenvolvimento sustentado do património. *In Conferência IADIS Ibero-Americana WWW/Internet*. Vila Real: UTAD, 2007, pp. 339–403.

BOTICA Natália; MARTINS, Manuela – Sistemas de Informação em Arqueologia. A Experiência de *Bracara Augusta*. *Férvedes*, n.º 5, (2008), pp. 9–12.

BOYER, M. Christine – La mission Héliográphique: Architectural Photography, Collective Memory and the Patrimony of France. *In* SCHWARTZ, Joan M.; RYAN, James R – *Picturing place: photography and the geographical imagination.* Londres: I. B. Tauris & Co Ltd., 2006, pp. 21–54.

BREWER, Al; FORNO, Colin – Moiré Fringe Analysis of Cradled Panel Paintings. *Studies in Conservation*, Vol. 42, n.º 4, (1997), pp. 211–230.

BREWER, Al – Effects of batten reinforcements on paintings on wood panel. *In Triennial meeting ICOM (12th), Lyon, 29 August-3 September 1999: Preprints*. Londres: James & James, 1999, pp. 276–281.Vol. 1.

BRIGOLA, João; SERRA, Filipe; FILIPE, Graça – O tríptico de Santa Clara. *Cadernos de Conservação e Restauro*, n.º 8, (2010).

BRUNO, Fabio; BRUNO, Stefano; SENSI, Giovanna De; LUCHIA, Maria-Laura; MANCUSO; Stefania; MUZZUPAPPAA, Maurizio – From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Culture Heritage*, Volume 11, n.º 1, (2010), pp. 42–49.

BRYAN, Paul – User Requirements for Metric Surveys. *In* MacDONALD, Lindsay, ed. – *Digital Heritage. Applying Digital Imaging to Cultural Heritage*. Oxford, Burlington: Butterworth-Heinemann, 2006, pp. 149–173.

BURNSTOCK, Aviva; MORGAN, Sarah – A database of artist´s materials from paintings examined at the Courtauld Institute of Art. *In 13th Triennial Meeting. Rio de Janeiro.22–27 September*. Londres: James & James, 2002, pp. 261–268. Vol. I.

BURROUGH, Peter; MacDONELL, Rachael – *Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

BUZZANCA, Giancarlo – A user-friendly approach (... more about standards and customized menus in digital recording of condition). *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 147–159.

BUZZANCA, Giancarlo – Selective survey of existing guidelines for conservation documentation. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 266–277.

BUZZANCA, Giancarlo; CAPANNA, Francesca – La documentazione grafica assistita da elaboratori: uno strumento per il restauro. *Bollettino ICR. Nuova Serie*, n.º 1, (2000), pp. 4–13.

BUZZANCA, Giancarlo – GraDoc: un seminario dell´ICCROM sulla documentazione grafica. *Bollettino ICR. Nuova Serie,* n.º 3, (2001), pp. 132–134.

CABRAL, João M. Peixoto – Exame Científico de Pinturas de Cavalete. *Revista Colóquio/Ciências*, n.º 16, (1995), pp. 60–83.

CABRERA ORTI, Maria Augustias – *Los Métodos de Análisis Físico-Químicos y la Historia del Arte*. Granada: Universidade de Granada, 1994.

CALVO, Ana – *Conservación y Restauración de Pintura sobre Lienzo*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2002.

CALVO, Ana – *Conservación y Restauración. Materiales, Técnicas y Procedimientos. De la A a la Z.* Barcelona: Ediciones del Serbal, 2003.

CALVO, Ana; CASTRO, Laura – *Através da Pintura: Olhares sobre a Matéria*. *Estudo sobre Pintores no Norte de Portugal*. Porto: Universidade Católica Portuguesa, CITAR, 2011.

CACACE, Carlo – GIS: uno strumento perl a rappresentazione organizzata delle informazioni sui processi di restauro e conservazione. *Bolletino ICR – Nuova serie*, n.º 13, (2006), pp. 19–26.

CAETANO, Joaquim Oliveira – *Normas de inventário. Pintura. Artes Plásticas e Artes Decorativas*. Lisboa: Instituto dos Museus e da Conservação, 2007.

CARMO, Ana M. M.; ALVES, Luísa M. P. A.; RIBEIRO, Maria I. R. – A investigação científica aplicada ao estudo das obras de arte. Resumo das actividades do Laboratório Central do Instituto de José de Figueiredo. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, n.º 28, série I, Junho (1987), pp. 51–56.

CARVALHO, Albino – *Madeiras Portuguesas. Estrutura anatómica, propriedades, utilizações*. Lisboa: Direcção-Geral das Florestas, 1997. Volume II.

CANTOS MARTÍNEZ, Olga; LODEIRO PÉREZ, José M; LAGUNA RODRÍGUEZ, F. Javier – La fotogrametría como apoyo gráfico en la restauración de retablos escultóricos en madera policromada. *Revista Património Cultural de España*, n.º 1, (2009), pp. 236–249.

CAPPELLINI, V. – Problems and Techniques of Analysis of Paintings Conservation State: The Case of the Uffizi Gallery. *Journal of the Italian Statistical Soc*iety, n.º 1, (1995), pp. 17–35.

CAPLE, Chris – *Conservation Skills. Judgement, Method and Decision Making*. Londres, Nova York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2000.

CARBONNEL, Maurice – *Photogrammetrie Appliquee aux Releves des Monuments et des Centres Historiques*. Roma: ICCROM, 1989.

CASCIU, Stefano; CENTAURO, Giuseppe; CHIMENTI, Massimo – Le role de l´informatique dans la restauration de *La légend de la vraie Croix* à la basilique Saint-Francois d´Arezzo. *In Informatique & Conservation-restauration du Patrimoine Culturel. 8es journées d´etudes de la SFIIC, Chalon-sur-Saône, 23–24 octobre 1997*. Champs-sur-Marne: SFIIC, 1997, pp. 117–188.

CASCIU, Stefano; CENTAURO, Giuseppe A.; CHIMENTI, Massimo – The archival documentation system: the computerized heart of the restored "History of the true cross" by Piero della Francesca. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000 pp. 208–219.

CASTLEMAN, K. R. – *Digital Image Processing*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1996.

COCCOLI, Carlotta – *L´utilizzo di una plataforma GIS per la gestione degli interventi sul patrimonio edilizio esistente (potenzialità) e limiti). I casi della Santissima Trinità di Esine (BS) e della Parrocchiale di Vilminore si Scalve (BG)*. Milão: Politecnico di Milano, 2001-2002. Tese de Especialização em Restauro de Monumentos.

COCCOLI, Carlota – L'utilizzo di una piattaforma G.I.S. per la gestione degli interventi sul patrimonio edilizio esistente (potenzialità e limiti). I casi della Santissima Trinità di Esine (BS) e della Parrocchiale di Vilminore di Scalve (BG). *In Atti dell'Ateneo di Scienze, Lettere ed Arti di Bergamo*. Bergamo: [S.n.], 2003–2004, pp. 395–407. Vol. LXVI.

CONOLLY, James; LAKE, Mark – *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

CORDARO, M; MAZZI, M. C. – *Censiramento conservativo dei Beni artistici e storici. Guida alla compilazione delle schede*. Roma: Centro Regionale perl a Documentazione del Lazio, pp. 10–11.

COREMANS, P. B. – *Van Meegeren's Faked Vermeers and de Hooghs. A scientific examination*. Amsterdão: J. M. Meulenhoff, 1949.

COREMANS, P.; GETTENS, R. J.; THISSEN, J. – La technique des "Primitifs flamands". *Studies in Conservation,* Vol. 1, n.º 1, (1952), pp. 1–29.

COSTA, Cristina Margarida Rodrigues – *Análise do comportamento da Ponte da Lagoncinha sob a Acção do Tráfego Rodoviário*. Porto: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, 2002. Dissertação de mestrado.

COTTE, Sabine – An Evaluation of the Role of Semi-transparent Relining in the Conservation of Thangka Paintings. *Studies in Conservation*, n.º 52, (2007), pp. 2–12.

COTTE, Sabine – Conservation of Thangkas: A Review of the Literature since the 1970s. *Studies in Conservation*, Vol. 56, n.º 2, (2011), pp. 81–93.

COUTO, João – *Aspectos actuais do problema do tratamento das pinturas*. Lisboa: Edições Excelsior, 1952.

COUTO, João – *Os painéis flamengos da Ilha da Madeira*. Funchal: Edição da Junta Geral do Distrito Autónomo do Funchal, 1955.

COUTO, P. – Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. *Associação Portuguesa de Investigação Operacional*, n.º 24, (2004), pp. 109–137.

CARVALHO, Marco Lima; MORGADO, Ana M.; GONÇALVES, José A. – Avaliação do sistema topográfico e fotogramétrico terrestre da Topcon. *In* CASACA, João; MATOS, João – *Cartografia e Geodesia 2007. Actas da V Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia.* Lisboa: Lidel, 2007, pp. 283–293.

CARBONNELL, Maurice – *Photogrammétrie appliquée aux relevés des monuments et des centres historiques (bilingue).* Roma: ICCROM, 1989, p. 117.

CASACA, J.; MATOS, J.; BAIO, M. – *Topografia Geral*. 4.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2004.

CHANDLER, Jim H.; FRYER, John G.; JACK, Amanda – Metric capabilities of low-cost digital cameras for close range surface measurement. *The Photogrammetric Record*, Vol. 20, n.º 109, (2005), pp. 12–26.

CLASEN, Carl-Wilhelm – Bildmessung fuer die kopie von kunstwerken. *In Fifth international symposium for photogrammetry in architecture and conservation of monuments, Sibenik, 9–12 October, 1978*. Split: Hidrografski institut rm, 1978, p. 13.

CRUZ, António João – da o uso e o desuso de alguns termos relacionados com os materiais constituintes das obras de arte. *Conservar Património*, n.º 3–4, (2006), pp. 73–78.

CRUZ, António João – O início da radiografia de obras de arte em Portugal e a relação entre a radiografia, a conservação e a política. *Conservar Património*, n.º 11, Junho (2010), pp. 13–32.

D'AMELIO, S.; BRUTTO, M. Lo – Close range photogrammetry for measurement of the paintings surface deformations. *In* REMONDINO, Fabio; EL-HAKIM, Sabry; GONZO, Lorenzo – 3D-ARCH 2009: "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", 25-28 February 2009, Trento, Italy. Volume XXXVIII-5/W1. Trento: ISPRS, 2009, p. 6.

D´AMICO, Stefano ; RUBINO, Angelo – Un´applicazione di fotogrammetria digitale all´Oratorio dei Filippini in Roma: il Miracolo di Santa Agnese dell´Algardi. *Bollettino ICR. Nuova Serie*, n.º 6–7, (2003), pp. 26–32.

D´ANDREA; LORENZINI, A.; MILANESE, M. – A novel approach to 3D documentation and description of archaeological features. *In* MELERO, F. Javier; CANO, Pedro; REVELLES, Jorge, ed. – *Fusion of Cultures. Abstracs of the XXXVIII Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Granada: CAA, 2010, pp. 499–502.

DARDES, K.; ROTHE, A. – *The Structural Conservation of Panel Paintings – Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1995.

DAVY, Humphry – Some experiments and observations on the colours used in painting by the Ancients. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, n.º 105, (1815), pp. 97–104.

DESCAMPS, Françoise, ed. – *Metodología para la Conservación de Retablos de Madera Policromada*. Sevilla, Los Angeles: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, The Getty Conservation Institute, 2002.

DELMASTRO, Fernando ; RISSOTTO, Lidia – Documentazione del dipinto: verso una banca dati. *In* BASILE, Giuseppe; MARABELLI, Maurizio, a cura di – *Leonardo L´última Cena*. Florença: Istituto Centrale per il Restauro, Nardini Editore, 2007, pp. 160–161.

DEMERS, Michael N. – *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 1997.

DIARTE, P.; SEBASTÍAN, M.; GUIDAZZOLI, A.; DELLI PONTI, F.; DIAMANTI, T. – VisArq. 1.0.: interactive archaeology and 3D. *In* MELERO, F. Javier; CANO, Pedro; REVELLES, Jorge, ed. – *Fusion of Cultures. Abstracts of the XXXVIII Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Granada: CAA, 2010, pp. 531–534.

DOMÉNECH CARBO, Maria Terersa; YUSÁ MARCO, Dolores Julia – *Aproximación al análisis instrumental de pigmentos procedentes de obras de arte.* Valencia: Editorial Universidad Politecnica de Valencia, 2006.

DOYLE, Laurance R.; LORRE, Jean J.; DOYLE, Eric B. – The Application of Computer Image Processing Techniques to Artifact Analysis as applied to the Shroud of Turin Study. *Studies in Conservation*, n.º 31, (1986), pp. 1–6.

DRUZIK, James R.; GLACKIN, David L.; LYNN, Donald L.; QUIROS, Raim – The use of digital image processing to clarify the radiography of underpainting. *Journal of American Institute for Conservation*, n.º 22, (1992), pp. 49–56.

DULIEU-BARTON, Janice M.; DOKOS, Leonidas; EASTOP, Dinah; LENNARD, Frances; CHAMBERS, Alan; SAHIN, Melin – Deformations and strain measurement techniques for the inspection of damage in works of art. *Reviews in Conservation*, n.º 6, (2005), pp. 63–73.

DURÁN DOMÍNGUEZ, Guadalupe; MATÍAS BEJARANO, Javier de; SANJOSÉ BLASCO, José Juan – Técnicas fotogramétricas aplicadas al patrimonio. *In Actas del III Congreso. La conservación infalible: de la teoría a la realidad*. Oviedo: Grupo Español del IIC, 2007, pp. 137–146.

DURÁN DOMÍNGUEZ, Guadalupe; SANJOSÉ BLASCO, José Juan de, ed. – *Innovaciones en las Tecnologías de la Información aplicadas a la Conservación de Património*. Mérida: Asociación de Gestores Culturales de Extremadura, 2008.

FARIES, Molly – Technical Studies of Early Netherlandish Painting: A Critical Overview of Recent Developments. *In* FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, pp. 1–37.

FARIES, Molly; KHANDEKAR, Narayan; OLIVIER, Kate; SPRONK; HENSICK, Teri; LIE, Henry; MULHOLLAND, Richard; HOUT, Nico Van – Glossary. *In* FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, pp. 149–170.

FERREIRA, Vitor - *Planeamento Participativo e as Tecnologias de Informação. Promover o Entendimento do Planeamento Local pelos Cidadãos*. Lisboa: Instituto Superior Técnico/Universidade Técnica de Lisboa, 2011. Dissertação de doutoramento em Planeamento Regional e Urbano.

FILHO, Orlando Bernardo; SILVA, Rafael Paz; BASTOS, Daniel Lessa; BRITO, Jorge Luís Nunes e Silva; RIBEIRO, João Araújo – E-foto: Módulo de rectificação de imagens em uma estação fotogramétrica digital. *In Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 Abril 2005*. Goiânia: INPE, pp. 1167–1174.

FIGUEIREDO, José de – *O pintor Nuno Gonçalves*. Lisboa: José de Figueiredo, 1910.

FIGUEIREDO, Carlos; MAURICIO, António; AIRES-BARROS, Luis – Mathematical morphology based image analysis and monument rock decay assessment: case studies. *In Informatique & Conservation-restauration du Patrimoine Culturel. 8es journées d´´etudes de la SFIIC, Chalon-sur-Saône, 23–24 octobre 1997.* Champs-sur-Marne: SFIIC, 1997, pp. 261–271.

FISCHER, Christian; KAKOULLI, Ioanna – Multiespectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications. *Reviews in Conservation*, n.º 7, (2006), pp. 3–16.

FITZNER, Bernd; HEINRICHS, Kurt – Diagnostico de daños en monumentos pétreos: documentación, mapeo, y registro. *In* MARTÍN, Marcelo; RODRIGUEZ BARBERÁN, Javier, coord. editorial – *Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos*. Sevilha: Junta de Andalucia; Consejería de Cultura; Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 1996, pp. 123–141.

FONSECA, Ana Duarte; FERNANDES, João Cordeiro – *Detecção remota*. Lisboa: Lidel, 2004.

FONTANA, Raffaella; GAMBINO, Maria Chiara; GRECO, Marinella; MARRAS, Luciano; MATERAZZI, Marzia – New high resolution IR-colour reflectography scanner for painting diagnosis. *In Proceedings of SPIE*, Vol. 5146 (2003), pp. 108–115.

FONTE, João Mário Martins da – *Aplicação dos sistemas de informação geográfica (SIG) à gestão dos recursos patrimoniais: O caminho primitivo de Santiago*. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2009. Dissertação de Mestrado.

FORAMITTI, Hans; KOLLER, Manfred – Fotogrammetrische Arbeiten für das Stift Melk. *Osterreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege*, n.º 34, (1980), pp.120–124.

FORTE, Maurizio; TILIA, Stefano; BIZZARRO, Angela; TILIA, Alessandro – 3D Visual Information and GIS technology for documentation of wall paintings in the 'M' sepulchre in the Vatican Necropolis. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 221–238.

FRANÇA, Marina Lamounier – *Sistemas de informações geográficas: uma ferramenta para diagnóstico e monitoramento do estado de conservação de bens culturais. Estudo de caso: Portada da Igreja São Francisco de Assis*. Ouro Preto: Universidade Federal de Minas Gerais, 2004. Tese de mestrado.

FUENTES PORTO, Alba – *Los Sistemas de Información Geográfica aplicados al estudio de las superficies pictóricas.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2010. Tese de Mestrado.

GAITTO, Francisco; CARBALLO, Jorgelina; LOURENÇO, Ana – Virtual restoration of a XVIII century sculpture. *CITAR Journal*, n.º 1, (2009), pp. 4–13.

GARCIA, Miguel; HENRIQUES, Frederico – A madeira como suporte na pintura: Um olhar pelo versu. *Pedra e Cal*, n.º 26, (2005), pp. 18–19.

GASPAR, Joaquim Alves – *Dicionário de Ciências Cartográficas*. 2.ª Ed. Lisboa: Lidel, 2008.

GASPAR, Victor Manuel Flor – *A pintura quinhentista no Mosteiro de Ferreirim: parceria dos Mestres Cristóvão de Figueiredo, Garcia Fernandes e Gregório Lopes*. Lisboa: Universidade Lusíada, 2007. Tese de doutoramento.

GIANNINI, Cristina; ROANI, Roberta – *Diccionario de restauración y diagnóstico*. Donostia-San Sebastián: Editorial Nerea, 2008.

GIESTAL, Carlos Dantas – *Sistema de Informação Geográfica para a Arqueologia Urbana: o caso de Bracara Augusta*. Braga: Universidade do Minho, 1998. Dissertação de Mestrado.

GODIN, Guy; BERALDIN, J. Angelo; TAYLOR, John; COURNOYER, Luc; RIOUX, Marc; EL-HAKIM, Sabry; BARIBEAU, Réjean; BLAIS, François; BOULANGER, Pierre; DOMEY, Jacques; PICARD, Michel – Active Optical 3D Imaging for Heritage Applications. *IEEE Computer Graphics and Applications. September/October– Computer Graphics in Art History and Archaeology*, (2002), pp. 24–36.

GOLTZ, Douglas; ATTAS, Michael; YOUNG, Gregory; CLOUTIS; BEDYNSKI, Maria – Assessing stains on historical documents using hyperspectral imaging. *Journal of Culture Heritage*, n.º 11, (2010), pp. 19–26.

GÓMEZ GONZÁLEZ, Maria Luísa – *La Restauración: Exame cientifico aplicado a la conservación de obras de arte.* Madrid: Cátedra, Cuadernos Arte, 2002.

GONÇALVES, L.; FONTE, C.; JÚLIO, E.; CAETANO, M. – Aplicação da detecção remota à avaliação do estado de conservação das coberturas do património edificado: o caso de estudo da baixa de Coimbra. *Construção magazine - revista técnico-científica engenharia civil*, n.º 26, Julho-Agosto (2008), pp. 29–35.

GONZÁLES-VARAS, Ignacio – Conservación de Bienes Culturales. Teoría, historia, principios y normas. Madrid: Ediciones Cátedra, 2006.

GONZÁLEZ MOZO, Ana – Estudio y documentación de obras de arte. *In* MACARRÓN MIGUEL, Ana Maria; GONZÁLEZ MOZO, Ana – *La conservación y la restauración en el siglo XX*. Madrid: Editorial Tecnos, 1998.

GRANCHO, Norberto – Origem e Evolução Recente dos Sistemas de Informação Geográfica de Portugal. [S.l.]: Quimera Editores, Lda., 2006.

GROETELAARSI, Natalie J.; AMORIM, Arivaldo L. – A fotogrametria digital na documentação do patrimônio arquitetónico. *FÓRUM - Património e Novas Mídias: Digitalização e Geoprocessamento*. Vol. 2, n.º 2, (2008), pp. 92–105.

GROHMANN, Carlos Henrique – *Introdução à Análise Espacial do Terreno com GRASS-GIS*. Rio de Janeiro: Instituto de Geociências, USP, 2008.

GROTE, Rolf-Jürgen; HECKES, Jürgen; HORNSCHUCH, Massimo – Graphic Information System for the care and monitoring of monuments: a report on a exemplary data acquisition, visualization and analysis system used for the documentation of medieval wall paintings. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 190–206.

GRUSSENMEYER, P.; HANKE, K.; STREILEIN, A. – Architectural photogrammetry. *In* KASSER, Michel; EGELS, YVES – *Digital Photogrammetry*. Londres: Taylor & Francis, 2002, pp. 300–339.

GUIDI, G; ATZENI, C.; SERACINI, M.; LAZZARI, S. – Painting survey by 3D optical scanning: the case of Adoration of the Magi by Leonardo da Vinci. *Studies in Conservation*, Volume 49, n.º 1, (2004), pp. 1–12.

HAGEMAN, Jon A. E; BENNETT, David A. – Construction of digital elevation models for archaeological application. *In* WESCOTT, Konnie L.; BRANDON, R. Joe, ed. – *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit (Gis Data Series)*. Londres: Taylor & Francis, 2006.

HARRIS, E. C. – *Principles of archaeological stratigraphy*. Londres & San Diego: Academic Press, 1979.

HEYDENREICH, Gunnar – Modern paintings on fiber board: their response to changes in relative humidity. *In Modern works, modern problems? Conference papers*. Leigh, United Kingdom: Institute of paper conservation, 1994, pp. 106–113.

HEMMLEB, Matthias; WIEDEMANN, Albert – Digital rectification and generation of orthoimages in architectural photogrammetry. *CIPA International Symposium, Goteborg, Sweden, 1–3. October 1997, IAPRS,* Vol. XXXII, Part 5C1B, 1997, pp. 261–267.

HENRIQUES, Fernando M. A. – *A Conservação do Património Edificado*. Lisboa: LNEC, 1991.

HENRIQUES, Frederico – *Uma introdução às técnicas de informação geográfica aplicadas à conservação da pintura de cavalete. Fotogrametria de imagens múltiplas e sistemas de informação geográfica*. Porto: Universidade Católica Portuguesa, 2008. Estudo de investigação apresentado no âmbito do plano curricular de doutoramento em Conservação de Pintura da UCP.

HENRIQUES, Frederico; GONÇALVES, Alexandre; BAILÃO, Ana – Tear feature extraction with spatial analysis: a Thangka case study. *ECR – Revista de estudos de conservação e restauro*, n.º 1, (2009), pp. 11–23.

HENRIQUES, Frederico; GONÇALVES, Alexandre; BAILÃO, Ana; CALVO, Ana – A lacuna pictórica: metodologias de interpretação e análise. *Pedra e Cal*, n.º 42, (2009), pp. 13–15.

HENRIQUES, Frederico; GONÇALVES, Alexandre; CALVO, Ana – Caracterização da densidade das lacunas em superfícies pictóricas com recurso a Sistemas de Informação Geográfica (SIG). *Conservar Património*, n.º 11, (2010), pp. 3–11.

HENRIQUES, Frederico; GONÇALVES, Alexandre – Identificação de regiões de lacunas numa pintura retabular: análise comparativa de métodos de classificação em ambiente SIG. *ECR – Revista de Estudos de Conservação e Restauro*, n.º 2, (2010), pp. 72–81.

HENRIQUES, Frederico; GONÇALVES, Alexandre – Analysis of Lacunae and Retouching Areas in Panel Paintings Using Landscape Metrics. *In* Ioannides, M.; Fellner, D.; Georgopoulos, A.; Hadjimitsis, D.G., eds. – *Proceedings of the Third International Conference on Digital Heritage EuroMed 2010, Lecture Notes in Computer Science*, 6436, Berlim: Ed. Springer, 2010, pp. 99–109.

HENRIQUES, Frederico; GONÇALVES, Alexandre, CALVO, Ana; BAILÃO, Ana – Identificazione di lacune di un dipinto dopo la stuccature e prima del ritocco pittorico. *In V International Conference on Materials and Methods in the Conservation of Polychrome Art Works*. Trento: CESMAR7, 2010, pp. 234–236.

HENRIQUES, Ana Castro, coord. ed. – *Primitivos Portugueses 1450-1550. O Século de Nuno Gonçalves.* Lisboa: MNAA, Athena, 2010.

HERITAGE, Adrian – Documentation in the fourth dimension. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 75–81.

HOURS, Juliette – *Les méthodes scientifiques dans l'étude et la conservation des oeuvres d'art*. Paris: Ministère de la Culture - École du Louvre, 1985.

HOURS, Madeleine – *Les secrets des chefs-d'oeuvre*. Paris: Robert Laffont, 1988.

HUNTINGTON, J. – The technique of Tibetan paintings. *Studies in Conservation*, n.º 15, (1970), pp. 122–133.

HUNTINGTON, J. – The iconography and structure of the mounting of Tibetan paintings. *Studies in Conservation*, n.º15, (1970), pp. 190–205.

INSTITUTO ANTÔNIO HOUAISS DE LEXICOGRAFIA – *Dicionário de Houaiss de Língua Portuguesa*. Tomo II. Lisboa: Temas e Debates, 2003.

INSTITUTO JOSÉ DE FIGUEIREDO – *S. Lucas retratando a Virgem*. Lisboa: SEC-IPPC, 1981.

INSTITUTO JOSÉ DE FIGUEIREDO *Estudo da pintura portuguesa – Oficina de Gregório Lopes*. Lisboa: IJF, 1999.

INSTITUTO PORTUGUÊS DE MUSEUS, ed. lit.; ABRANTES, Ana Paula, co-aut. – *Nuno Gonçalves: Novos Documentos: Estudo da Pintura Portuguesa do séc. XV*. Lisboa: Instituto Português de Museus, 1994.

INSTITUTO PORTUGUÊS DO PATRIMÓNIO CULTURAL – *Estudo da Pintura Portuguesa Antiga num relatório técnico* de 1932. Cadernos 18 (Documentação), Presidência do Conselho de Secretaria de Estado da Cultura. Lisboa: IPPC, 1981.

IPPOLITO, Lamberto – Applicazione del metodo fotogrammetrico allo studio del ciclo pittorico vasariano del salone dei cinquecento. *Bollettino degli ingegneri*, Vol. 1980, n.º 7–8, (1980), pp. 10–12.

KALICKI, A.; PANCZYK, E.; ROWINSKA, L.; SARTOWSKA, B.; WALIS, L.; PYTEL, B.; KOZIEL, A.; DABKOWSKI, L.; WIERZCHNICKA, M.; STRZALKOWSKI, L.; OSTROWSKI, T. K. – Neutron autoradiography: working-out method and application in investigations of test paintings. *Radiation Measurements*, n.º 34, (2001), pp. 567–569.

KASPER, Gerhard – Photogrammetrische Aufnahmen Hochaltars in der Kartause Ittingen. *Zeitschrift für Schweizerische Archäeologie und Kunstgeschichte*, Vol. 40, n.º 3, (1983), pp. 209–213.

KATSIANIS, Markos; TSIPIDIS, Spyros; KOTSAKIS, Kostas; KOUSOULAKOU, Alexandra – A 3D digital workflow for archaeological intra-site research using GIS. *Journal of Archaeological Science*, n.º 35, (2008), pp. 655–667.

KECK, Sheldon – Some Picture Cleaning Controversies: Past and Present. *Journal of the American Institute for Conservation*, n.º 23, (2), (1984), pp.73–87.

KIRSH, Andrea; LEVENSON, Rustin S. – *Seeing Tthrough paintings*: *Physical Examination in Art Historical Studies*. New Haven, Londres: Yale University Press, 2000.

KLEIN, Hermann – Block adjustment on personal computers. *In Proceedings XVIth ISPRS Congress Technical Commission III: Mathematical Analysis of Data.* Volume XXVII Part B3. Kyoto: IPRSR, 1988, pp. 588–596.

KLEIN, Peter – Dendrochronological Analyses of Netherlandish Paintings. In FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, pp. 65–81.

KNUT, Nicolaus – *Manual de restauración de cuadros*. Koln: Konemann Verlagsgesellchaft, 1998.

KOLLER, Manfred – *Der pacher-altar in st. Wolfgang. Untersuchung, konservierung und restaurierung 1969-1976 (Studien zu denkmalschutz und denkmalpflege n. Xi*). Wein, Graz, Koeln: Hermann Boehlaus, 1981.

KUBIK, Maria – Hyperspectral imaging: a new technique for the non-invasive study of artworks. *In* CREAGH, Dudley; BRADLEY, David, ed. – *Physical Tecnhiques in the study of art, archaeology and cultural heritage*. Oxford: Elsevier, 2007, pp. 199–255.

LAHANIER, Christian – La reconstitution photogrammetrique et photographique de la grotte de Lascaux. *In ICOM committee for conservation. 6th triennial meeting, Ottawa, 21 - 25 September 1981. Preprints*. Paris: ICOM, 1981, de 81/1/12-1 a 81/1/12-4.

LAHANIER, Christian; AITKEN, Geneviève; SHINDO, Jiro; PILLAY, Ruven; MARTINEZ, Kirk; LEWIS, Paul – EROS: an open source, multilingual research system for image content retrieval dedicated to conservation-restoration exchange between cultural institutions. *In 13th Triennial Meeting. Rio de Janeiro. 22–27 September*. James & James: Londres, 2002, pp.287–294. Vol. I.

LAHANIER, Christian; AITKEN, Geneviève; PILLAY, Ruven; BERALDIN, Angelo; BLAIS, François; BORGEAT, Louis; COURNYER, Luc; PICARD, Michel; RIOUX, Marc; TAYLOR, John; BREUCKMANN, Bernd; COLANTONI, Philippe; DEYNE, Christophe de – Two-dimensional multi-spectral digitization and three-dimensional modelling of easel paintings. *In* VERGER, Isabelle, ed. – *ICOM Committee for Conservation. Preprints of the 14th Triennial Meeting, The Hague, 12–16 September 2005*. Londres: James & James/ Earthscan, 2005, pp. 30–42. Vol. I

LEITÃO, A. B.; MILLER, J.; AHERN, J.; McGARIGAL, K. – *Measuring Landscapes. A Planner´s Handbook.* Washington, Covelo, Londres: Island Press, 2006.

LEITNER, Heintz – Visions and realities in computer-aided documentation for a private conservator: documentation is never done! *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 107–112.

LERMA, José Luis – *Fotogrametria Moderna: Analitico y digital*. 2ª Ed. Valência: Ediorial Universidad Politécnica de Valência, 2002.

LERMA, José Luis – Documentation and recovery of rupestrian paintings: an automatic approach. *In* ALBERTZ, Jörg, ed. – *Surveying and documentation of historic buildings, monuments, sites: traditional and modern methods, Potsdam (Germany), September 18–21, 2001, Proceedings of the XVIII. International Symposium, CIPA 2001*. Postdam: CIPA, 2001, pp. 377–380.

LERMA, José Luis – Automatic feature recognition technique on stone monuments using visible and IR photography. *In Proceedings International Cultural Heritage Informatics Meeting*. 2. New York: Russell Sage, 2002, pp. 255–258

LERMA, José Luis – Automatic plotting of architectural facades with multispectral images. *Journal of Surveying Engineering*, Vol. 131, n.º 3, (2005), pp. 73–77.

LERMA, J. L.; VILLAVERDE, V; GARCÍA, A.; CARDONA, J. – Close range photogrammetry and enhanced recording of palaeolithic rock art. In *IAPRS, Dresden 25–27 September 2006*. Vol. XXXVI, Part 5. Dresden: IAPRS, 2006.

LETELLIER, Robin – Levels of recording and demonstration of Heritage 3D laser scanning technology for the recording and monitoring of wall paintings, mosaics and other cultural resources. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 240–254.

LIANG, H.; GOMEZ CID, M.; CUCU, R.; DOBRE, G.; JACKSON, D.; PANNELL, C.; PEDRO, J.; SAUNDERS, D.; PODOLEANU, A. – Application of OCT to examination of easel paintings. *Proc. SPIE*. Vol. 5502, (2004), pp. 378–381.

LIANG, H.; CID, M.; CUCU, R.; DOBRE, G.; KUDIMOV, B.; PEDRO, J.; SAUNDERS, D.; CUPITT, J.; PODOLEANU, A. – Optical coherence tomography: A non-invasive technique applied to painting conservation of paintings. *Proc. SPIE*. Vol. 5857 (2005), pp. 261–269.

LIE, Henry – Digital Imaging for the Study of Paintings: Experience at the Straus Center for Conservation. *In* FARIES, Molly; SPRONK, Ron – *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives. Proceedings of a 1996 symposium organized by the Harvard University Art Museums*. Turnhout, Bélgica: Brepols Publishers, 2003, pp. 117–133.

LILLESAND, Thomas; KIEFER, Ralph; CHIPMAN, Jonathan – *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6.ª Ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley& Sons, 2008.

LIMP; W.F.; PAYNE, A.; WINTERS, S.; BARNES, A.; COTHREN, J. – Approaching 3D Digital Heritage Data from a Multitechnology, Lifecycle Perspective. *In* MELERO, F. Javier; CANO, Pedro; REVELLES, Jorge, ed. – *Fusion of Cultures. Abstracs of the XXXVIII Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Granada: CAA, 2010, pp. 519–521.

LINDER, Wilfried – *Digital Photogrammetry. A Practical Course*. 2.ª Ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006.

LIU, Jianming; LU, Dongming – Knowledge Based Lacunas Detection and Segmentation for Ancient Paintings. *In VSMM 2007, LNCS*; Vol. 4820. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, pp. 121–131.

LODEIRO PÉREZ, José Manuel – La rectificación fotográfica en el Instituto del Patrimonio Cultural. *Revista Património Cultural de España*, n.º 3, (2010), pp. 241–259.

LOSOS, L.; JIRINEC, M. – Pro dokonalejsi dokumentaci restaurátorskych praci. Památková péce, Vol.34, n.º 1, (1974), pp. 2–9.

LORUSSO, Salvatore – Importanza della corretta terminologia nel settorte dei beni culturali anche in relazione al binomio arte-scienza. *Quaderni di scienza della Conservazione*, Vol. 1, (2001), pp. 77–83.

LUHMAN, Thomas; ROBSON, Stuart; KYLE, Stephen; HARLEY, Ian – *Close Range Photogrammetry. Principles, Methods and Applications*. Caithness: Whittles Publishing, 2006.

LYONS, Thomas R.; EBERT, James I. – Photogrammetric Measurement and Monitoring of Historic and Prehistoric Structures. *In Committee on Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments – Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments*. Washington: National Academy Press, 1982, pp. 242–271.

MACCORMACK, Jack – *Topografia*. 5.ª Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2007.

MACDONALD, L. – *Digital Heritage: Applying Digital Imaging to Cultural Heritage*. Oxford, Burlington: Butterworth-Heinemann, 2006.

MACGARIGAL, K; MARKS, B. J. – *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Portland: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995.

MACGLONE, J. Chris – Photogrammetry. *In* HANNAVY, John – *Encyclopedia of nineteenth-century photography*. Nova York: Taylor and Francis Group, 2008, pp. 1081–1082. Vol. 1.

MARCONE, Anna Maria; PARIS, Mariabianca; BUZZANCA, Giancarlo – A system for collecting data on canvas and panel paintings for the maintenance and surveillance of a historical art collection in Rome. *In* BRIDGLAND, Janet; BROWN, Jessica, ed. – *Preprints of the ICOM–CC 12th Triennial Meeting, Lyon 29 Aug–3 Sept 1999*. Londres: James and James, 1999, pp. 257–262. Vol. I.

MARCONE, Anna Maria; PARIS, Mariabianca; BUZZANCA, Giancarlo; LUCARELLI, Giuseppe; GERARDI, Giovabi; GIOVAGNOLI, Annamaria; IVONE, Alessandra; NUGARI, Maria Pia – Il progetto ICR di manutenzione e controllo della Galleria Doria Pamphilj: schedatura conservativa e monitoraggio ambientale. *Bollettino ICR. Nuova Serie*, n.º 2, (2002), pp. 44–66.

MARK, Gilberg – Friedrich Rathgen: The Father of Modern Archaeological Conservation. *Journal of the American Institute for Conservation*, Vol. 26, n.º 2, (1987), pp. 105–120.

MARTINS, M.; GIESTAL, C. Dantas – O Projecto SIABRA: um Sistema de Informação Geográfica para a Arqueologia Urbana em Braga. *In Actas do 3º Congresso de Arqueologia Peninsular "Sistema de Informação Arqueológica. SIG's aplicados à Arqueologia da Península Ibérica".* Porto: ADECAP, 2000, pp. 43–61.

MARTINS, Nelson – *Fotografia: da analógica à digital*. Rio de Janeiro, Senac Nacional, 2010.

MARUYASU, Takakazu; OSHIMA, Taichi – Photogrammetry in the precision measurement of the Great Buddha at Kamakura. *Studies in conservation*, Vol. 10, n.º 2, (1965), pp. 53–63.

MATEUS, Luís – Método de fotogrametria elementar implementado com rotinas em Autolisp (Elementary photogrammetric method implemented with Autolisp routines). *Cadproject*, n.º 31, (2007), pp. 48–50.

MATEUS Luís – Método prático para levantamento de fachadas de Arquitectura (Practical method to survey architectural façades). *Artitextos* n.º 4, (2007), pp. 143–150.

MATEUS Luís; FONTES Luís; AGUIAR José; CATALÃO Sofia; BOTICA Natália; AGOSTINHO Francisco – A report on multiple approaches to the S. Frutuoso of Montélios Chapel survey. *In Proceedings of the 9th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage – VAST 2008*. Braga: Departamento de Informática da Universidade do Minho, 2008¸ pp. 51–55.

MATEUS, Luís – Evaluating a low cost photogrammetry method with 3D laser scanning. VUGTK, Milan Talich, ed. – *Proceedings of the 3rd International Conference of Geodesy, Cartography, Navigation and Geoinformatics – GEOS 2008 (CD)*. Praga: [S.n.], 2008, pp. 317–326.

MATEUS Luís; MARTÍN Juan José; RÚBIO José Martinez; ALONSO Jesus – Laser scanning 3D: Nuvens de pontos como Documentação Primária do Património. O caso do Castelo de Mota del Marqués em Valladolid (Laser Scanning 3D: Point Clouds as basic Heritage documentation - Mota Castle in Valladolid). *Linha do Horizonte*, n.º 1, (2010), pp. 124–133.

MATTEINI, Mauro; MOLES, Arcangelo – *Scienza e restauro – Metodi di indagine*. Florença: Nardini Editore, 1984.

MATTEINI, M.; MOLES, A. – *La Química en la Restauración. Los Materiales del Arte Pictórico*. Hondarribia: Nerea, 2001.

MATOS, João – Técnicas de Levantamento aplicadas ao Património. *In Património Edificado. Novas Tecnologias. Inventários.* Angra do Heroísmo: Instituto Açoreano de Cultura, Instituto Portugues do Património Arquitectónico, 2002, pp. 21–36.

MATOS, João – *Fundamentos de Informação Geográfica*. 5.ª Ed. Lisboa-Porto: Lidel, 2008.

MAZZA, Miriam Fileti; RASARIO, Giovanna; VACCARI, Maria Grazia – Organizzazione informatica della scheda di restauro. *OPD Restauro*, n.º 2, (1990), pp. 49–66.

MENCI, Luca; CECCARONI, Francesca; SALONIA, Paolo – The stereoscopic exploration of 3D models as instruments of knowledge, documentation and measurement for mural painting, *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 256–264.

MIKHAIL, Edward M., BETHEL, James S.; McGLONE, J. Chris – *Introduction to Modern Photogrammetry*. Nova Iorque: JohnWiley & Sons, 2001.

MILLER, H. J.; SHAW, S. – *Geographic information Systems for Transportation – Principles and Applications*. New York: Oxford University Press, 2001, pp. 218–225.

MINISTÉRIO DA CULTURA – *Documentação gráfica del Patrimonio*. Madrid: Secretaría General Técnica, 2010.

MORA, Paolo; MORA, Laura; PHILIPPOT, Paul – *Conservation of Wall Paintings*. Londres; Boston; Durban; Singapora; Sydney; Toronto; Wellington: Butterworths, 1984, pp. 25–34.

MOURA, Abel de – Competências e atribuições do Instituto José de Figueiredo. *Cadernos de Conservação e Restauro do IPCR*, Ano 4, n.º 3, (2005), p. 7.

MUGNAINI, S.; BAGNOLI, A; BENSI, P.; DROGHINI, F.; SCALA, A.; GUASPARRI, G – Thirteenth century wall paintings under the Siena Cathedral (Italy). Mineralogical and petrographic study of materials, painting techniques and state of conservation. *Journal of Cultural Heritage*, n.º 7, (2006), pp. 171–185.

MURARIU, Elena; PETRESCU, Florian – Mural painting documentation as a spatial database. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 125–133.

NAZARENO, Nilton Ricetti Xavier – *Sig Arqueologia: Aplicação em Pesquisa Arqueológica*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005. Tese de Doutoramento.

NEGUER, Jacques; ZEITLIN, Inga; DAVIDOV, Nicky – The use of graphic documentation for monitoring conditions of frescoes and mosaics: the case of Caesarea maritima. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 83–95.

NIELSEN, Morten – *True orthophoto generation*. Technical University of Denmark: Lyngby, 2004. Tese de mestrado.

NOGUEIRA, F. M. S. – Ferramentas digitais de baixo custo para o diagnóstico da degradação de bens arquitectónicos. *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação,* n.º 4, (2007), pp. 196 –199.

OLEIRO, Manuel Bairrão; MAGALHÃES, Isabel Raposo; CAMACHO, Clara Frayão – O retábulo flamengo de Évora. *Cadernos de Conservação e Restauro,* nº 6/7, (2008/2009).

OLIVETTI, C. – Proposta di una Scheda per la raccolta dei dati nel restauro dei dipinti su tela. *Quaderni degli Istituti Culturali della Provincia di Viterbo*, n.º 1, (1988), pp. 25–159.

ORRÙ, Marcella – Use of a standardized approach for a large-scale computer-aided graphic documentation project at the Basilica of Santa Maria Maggiore in Rome. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 161–164.

PADFIELD, Joseph; SAUNDERS, David – Polynomial texture mapping: a new tool for examining the surface of paintings. *In 14th Triennal Meeting, The Hague, 12–16 September 2005. Preprints*. Hague: ICOM, 2005, pp. 504–510. Vol. I.

PALUMBO, Gaetano – Beyond CAD: A look at data integration and analysis using GIS. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 114–123.

PATIAS, Petros; GRUSSENMEYER, Pierre; HANKE, Klaus – Applications in cultural heritage documentation. *In* LI, Zhilin; CHEN, Jun; BALTSAVIAS, Emmanuel – *Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: 2008 ISPRS Congress Book*. Londres: Tailors Francis Group, 2008, pp. 363–384.

PEDRINI, Hélio; SCHWARTS, Willian Robson – *Análise de Imagens Digitais. Princípios, Algoritmos e Aplicações.* São Paulo: Thomson Learning, 2008.

PEREIRA, J. P.; MARTINS, I. P. – Sistemas de Informação Geográfica: Um Instrumento para a Salvaguarda do Património Arqueológico. *In Actas das V Jornadas Arqueológicas*. Lisboa: Associação dos Arqueólogos Portugueses, 1994, pp. 9–15.

PEREIRA, Z.; MORGADO, A.; PEREIRA, L. GOMES – Comparison of different approaches to create architectural archives. *In International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 35, Part 5, (2004), pp. 552–557.

PÉREZ, A.; LERMA, J. L.; MARTOS, A.; JORDÁ, F.; RAMOS, M.; NAVARRO, S. – Generación automática de ortofotografías verdaderas en arquitectura. *In Actas del Congreso: 7 Semana Geomática*. Barcelona: Instituto Cartográfico de Cataluña;

Instituto de Geomática; Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía; Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona, 2007.

PÉRICO, Eduardo; CEMIN, Gisele; LIMA, Daiane Fátima Batista de; REMPEL, Claudete – Efeitos da fragmentação de hábitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de informação geográfica e de méetricas de paisagem para seleção de áreas adeuqadas a testes. *In Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 Abril 2005*. Goiânia: INPE, pp. 2339–2346.

PETRIGNANI, Filippo – Computer technology and the documentation of the restoration of Michelangelo´s frescoes in the Sistine Chapel – 1987-1994. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 178–188.

PEZZATI, Lica; FONTANA, Raffaella – 3D Scanning of Artworks. *In* SCHREINER, M.; STRLIČ, M.; SALIMBENI, R., ed – *Handbook on the use of lasers in Conservation and Conservation Science*. Bruxelas: COST Office, 2008.

PIRES, Hugo; HENRIQUES, Frederico; MARQUES, Patrícia – Novas fronteiras no registo e diagnóstico de pinturas retabulares. A utilização dos sistemas de varrimento laser. *Pedra & Cal*, n.º 33, (2007), pp. 20–22.

PIRES, H.; MARQUES, P.; OLIVEIRA, R.; SILVA, M. – Contribuição da Geomática para os processos de registo e documentação em Arqueologia. Aplicações dos Sistemas de Varrimento Laser e Fotogrametria. *In V Congresso de Aplicações Informáticas à Arqueologia – CAA Portugal, 15 e 16 de Novembro de 2007*. Leiria: CAA, 2007.

PIRES, Hugo; MARQUES, Patrícia; OLIVEIRA, Ricardo; HENRIQUES, Frederico – Towards a multispectral GIS integrating laser scanning data or how can geomatic improve C&R documentation practices: a first approach using two XVIth century wood paintings of “Convento de Cristo” in Tomar. *In* CASTILLEJO, Marta; MORENO, Pablo; OUJJA, Mohamed; RADVAN, Roxana; Ruiz, Javier, ed. – *Lasers in the*

Conservation of Artworks. Proceedings of the International Conference Lacona VII, Madrid, Spain, 17–21 September 2007. [S.l.]: CRC Press, 2008.

PIRES, Hugo; LIMA, P.; PEREIRA, Luís Bravo – Novos métodos de registo digital de arte rupestre: digitalização tridimensional e fotografia multiespectral. *In Actas das IV Jornadas Raianas*. Sabugal: Empresa Municipal de Sabugal, Câmara Municipal de Sabugal., 2009, pp. 211–220.

POLDI, Gianluca; VILLA, Giovanni Carlo Federico – *Dalla conservazione alla storia dell´arte. Riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti*. Pisa: Edizione della Normale, 2006.

PURSCHE, Jürgen – Documentation in restoration possibilities and limits of visual documentation for mural paintings. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 51–73.

RASARIO, G. – Una scheda per il restauro. *Bollettino di informazioni del Centro di elaborazione automatica di dati e documenti storico artistici. Scuola Normale Superiore – Pisa*. VI, n.º 2, (1985), pp. 159–181.

RESENDE, Wagner de Souza – Fotogrametria digital e patrimônio histórico: uma proposta metodológica. *FÓRUM – Patrimônio e Novas Mídias: Digitalização e Geoprocessamento*. Vol. 2, n.º 2, (2008), pp. 64–89.

REYS-SANTOS, Manuel – Abel de Moura evocado por Manuel Reys-Santos. *Cadernos de Conservação e Restauro do IPCR*, Ano 4, n.º 3, (2005), p. 6.

RIBEIRO; Maria do Carmo Franco – *A Arqueologia e as Tecnologias de Informação, Uma Proposta para o Tratamento Normalizado do Registo Arqueológico*. Braga: Universidade do Minho, 2001. Dissertação de Mestrado de Arqueologia – Especialização de Arqueologia Urbana.

RISSOTTO , Lidia – Documentazione grafica e fotografica dei beni culturali: necessità, importanza, potenzialità . *In* BASILE, Giuseppe ; MARABELLI, Maurizio, a cura di – *Leonardo L´última Cena*. Florença: Istituto Centrale per il Restauro, Nardini Editore, 2007, pp. 192–194.

ROBSON, Stuart; BUCKLOW, Spike; WOODHOUSE, Neil; PAPADAKI, Helen – Periodic photogrammetric monitoring and surface reconstruction of a historical wood panel painting for restoration purposes. *IAPRS&SIS*, Vol. 35(5), (2004), pp. 395–400.

ROCHE, Alain – *Comportement mécanique des peintures sur toile. Dégradation et prevention*. Paris: CNRS Editions, 2003.

RODRIGUES, Michael Richard Barros – *A Forma Urbana em Portugal Continental: Aplicação de Índices Quantitativos na Caracterização Morfológica das Cidades*. Lisboa: Universidade de Lisboa; Faculdade de Letras; Departamento de Geografia, 2009. Dissertação em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento.

ROY, Ashok; DUNKERTON, Jill – Chemistry and Conservation: Changes in Perception and Practice at the National Gallery, London. *In Early Italian Paintings: Approaches to Conservation - Proceedings of a Symposium at the Yale University Art Gallery, April 2002*. New Haven, Londres: Patricia Sherwin Garland, 2003, pp. 120–131.

RUA, Maria Helena – *Os Sistemas de Informação Geográfica na Detecção de Villae em Meio Rural no Portugal Romano*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2004. Tese de Doutoramento.

RUA, Helena – Detecção Automática de Villae em Meio Rural no Portugal Romano. *Al-madan*, II.ª Série, n.º 15, (2007), pp. 21–27.

SACCO, Francesco – Il problema della documentazione grafica dei restauri. *Materiali s Strutture*, III, n.º 1, (1993), p. 26.

SACCO, Francesco – Sistematica della documentazione e progetto di restauro. *Bolettino ICR. Nuova Serie*, n.º 4, (2002), pp. 28–53.

SANTORIELLO, A.; SCELZA, F. – Un sistema informativo archeologico: L´aplicazione del *SYSLAT* a fratte di Salerno. *Archeologia e Calcolatori*, n.º 11, (2000), pp. 69–92.

SANTOS, Reynaldo dos – *Os primitivos portugueses, 1450-1550*. Lisboa: Academia Nacional de Belas Artes, 1940.

SANTOS, Pedro José Leitão da Silva – *Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica em Arqueologia.* Lisboa: Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova, 2006. Dissertação de Mestrado.

SCHMID, Werner, ed. – *GRADOC: Graphic Documentation Systems in Mural Painting Conservation. Research Seminar Rome 16-20 November 1999*. Roma: ICCROM, 2000.

SEKINO, Masaru – Repair of the Great Buddha statue at Kamakura. *Studies in conservation*, Vol.10, n.º 2, (1965), pp. 39–46.

SEQUEIRA, Célia Maria Alves Gonçalves – *Modelos Preditivos em SIG na Localização de Sítios Arqueológicos de Cronologia Mesolítica no Vale do Tejo*. Faro: Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Departamento de História, Arqueologia e Património, 2009. Dissertação de Mestrado em Arqueologia.

SERACINI, Maurizio – Progetto di ricerca del murale di leonardo da vinci "la battaglia di anghiari" nel salone dei 500 in palazzo vecchio a firenze. *In Proceedings of the symposium on the restoration of works of art. Florence, 2–7 November 1976.* Florença: Edizioni polistampa, 1981, pp. 329–332; 567–569.

SERUYA, Ana Isabel; PEREIRA, Mário, dir. – *Retábulo de Ferreira do Alentejo*. Lisboa: IPCR, 2004.

SERUYA, Ana Isabel; PEREIRA, Mário, dir. – *As Tábuas da Charola*. Lisboa: IPCR, 2005.

SHORTIS, M. R.; BEYER, H. D. – Sensor technology for digital Photogrammetry and machine vision. *In* ATKINSON, K. B. – *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Dunbeath, Caithness: Whittles Publishing, 1996, pp. 106–155.

SIDDIOLO, Antonino M.; MAEV, Roman G. – Ultrasonic imaging techniques for painting diagnostic. *IEEE Ultrasonics Symposium,* (2005), pp. 890–893.

SIDDIOLO, Antonino M.; D´ACQUISTO, Leonardo; MAEVA, Anna R.; MAEV, Roman G. – Wooden Panel Paintings Investigation: An Air-Coupled Ultrasonic Imaging Approach. *IEEE Transactions on ultrasonic's, ferroelectrics, and frequency control*, Vol. 54, n.º 4, April (2007), pp. 836–846.

SOUSA, João – *Sistemas de Informação Geográfica com o Autodesk Map 3D*. Lisboa: FCA – Editora de Informática, 2005.

STAWNIAK, Miroslaw; WALCZACK, Krzystof; BOBOWSKI, Bogdan – Dynamic 3D Visualisation of Harris Matrix Data. In *Pre-Proceedings of Virtual Retrospect 2005. November 8-10*. Biarritz; França: Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées; Archéovision de l´Institut Ausonius, 2005, pp. 32–37.

SZAMBELAN, Rafal – GIS and CAD together as an optimal solution in heritage recording for documentation, research an monitoring for wall paintings or other types of artistically valuable surfaces. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 170–176.

TARGOWSKI, P.; ROUBA, B.; WOJTKOWSKI, M.; KOWALCZYK, A. – The application of optical coherence tomography to non-destructive examination of museum objects. *Studies Conservation*, n.º 49, (2004), pp. 107–114.

TAYLOR, John; BLAIS, Francois; COURNOYER, Luc; PICARD, Michel; BORGEAT, Louis; GODIN, Guy ; BERALDIN, J.-Angelo; LAHANIER, Christian; RIOUX, Marc – Examination of the Mona Lisa by High-Resolution 3D Imaging. *In* MOHEN, Jean-Pierre; MENU, Michel; MOTTIN, Bruno, ed. – *Mona Lisa. Inside the Painting*. Nova Iorque: Abrams, 2006, pp. 96–103.

TEIXEIRA, Luís Manuel Aguiar de Morais – *O retábulo manuelino do altar-mor da catedral de Viseu*. [S.l.]: [s.n.], 1989. 6 Vol. Dissertação de Doutoramento.

TEUBER, Jan – *Digital Image Processing*. Cambridge: University Press, 1993.

THOMSON, Garry, ed. – The Murray Pease Report (IIC-AG). *Studies in Conservation*, Vol. 9, n.º 3, (1964), pp. 116–121.

TOMLIN, C. Dana – *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall, 1990.

URBANI, Giovanni – *Piano pilota perl a conservazione programmata dei beni culturali in Umbria. Progetto esecutivo*. Roma: ICR, 1976.

VELIOS, Athanasios; HARRISON, John – Digital reconstruction of Fragmented Archaeological Objects. *Studies in Conservation*, n.º 52, (2007), pp. 19–36.

VESTERGAARD, K. – Mongolian thangka paintings from the 18th and 19th centuries: Technique and use of materials in thangka paintings. *In* BRIDGLAND, J., ed. – *ICOM Committee for Conservation, 11th Triennial Meeting Edinburg: Preprints*. Londres: James and James, 1996, pp. 388–393.

VIDALE, M.; ALMEIDA, N. Proença de – Applicazione dei diagrammi di flusso stratigrafici al restauro di manufatti artistici e archeologici. *Bolletino ICR*, Nuova Serie, n.º 2, (2001), pp. 82–103.

VIDOLIN, Gisley Paula; BIONDI, Daniela; Wandembruck – Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com araucária, Paraná, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, Vol. 35, n.º 3, (2011), pp. 515–525.

VIEIRA, Afonso Lopes – *Da Reintegração dos Primitivos Portugueses*. Lisboa: Edição dos Amigos do Museu Nacional de Arte Antiga, 1923.

VINCENT, J. M.; MONTEIRO, I.; RODRÍGUEZ, Á. L.; MARTÍNEZ, M. I.; CHAPA, T. – Aplicación de la Imagen Multiespectral al Estudio y Conservación del Arte Rupestre Pos-paleolítico. *Trabajos de Prehistoria*, n.º 53, 2, (1996), pp. 19–35.

WALDHÄUSL, P.; OGLEBY, C. – 3-by-3 Rules for simple photogrammetric documentation of Architecture. *In* FRYER, J. G., ed. - *Close range techniques and machine vision. Proceedings of the Symposium of Commission V of ISPR.* Melbourne, Australia: IAPRS, Grupo XXX/5, 1994, pp. 426–429.

WARRACK, Simon – The documentation of the conservation of the sandstone reliefs at Angkor Wat in Cambodia. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 166–168.

WATTS, Siobhan; OWEN-HUGHES, Harriet; LAING, Alastair; STANIFORTH, Sarah; TOWLE, Andrew – The Power of the Matrix: the application of archaeological stratigraphy to the interpretation of complex paintings. *In* VONTOBEL, R., ed. – *ICOM Committee for Conservation Preprints 13th Triennial meeting, Rio de Janeiro*. Londres: James & James, 2002, pp. 479–485.

WATRIN, O. S.; VENTURIERI, A., – Métricas de paisagem na avaliação da dinâmica do uso da terra em projetos de assentamento no Sudeste Paraense. *In Anais XII Simpósio*

Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 Abril 2005. Goiânia: INPE, 2005, pp. 3433–3440.

WECKSUNG, G.; EVANS, R.; WALKER, J. AINSWORTH, M.; BREALEY, J.; CARRIVEAU, G. – Assembly of infra-red reflectograms by digital processing using a portable data collecting system. *In ICOM Committee for Conservation, 8th Triennial Meeting, Sydney*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1987, pp. 107–109.

WESCOTT, Konnie L.; BRANDON, R. Joe, ed. – *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit (Gis Data Series)*. Londres: Taylor & Francis, 2006.

WILD, A. Martin – The X-Ray Examination of Paintings. *British Journal of Radiology*, n.º 3, (1930), pp. 41–42.

WOLF, Paul R. – *Elements of Photogrammetry*. 2.ª Ed. Singapura: McGraw-Hill International Editions, 1983.

ZARI, Donatella; GIANTOMASSI, Carlo – Informe sobre el estado de conservación y la última restauración de “Judith cortando la cabeza de Holofernes”. *In* MUSEU NACIONAL DEL PRADO - *Caravaggio, Michelangelo Merisi da, 1573-1610*. [S.l.] : Electa, 1999.

ZHENG, Jun – Documentation of wall painting in China. *In* SCHMID, Werner, ed. – *GraDoc*. Roma: ICCROM, 2000, pp. 97–105.

APÊNDICES

APÊNDICE I – IMAGENS

Figura 1 – Enquadramento geral da dissertação e linhas de raciocínio exploradas no contexto da investigação. Obs.: Esquema produzido pelo autor da dissertação.
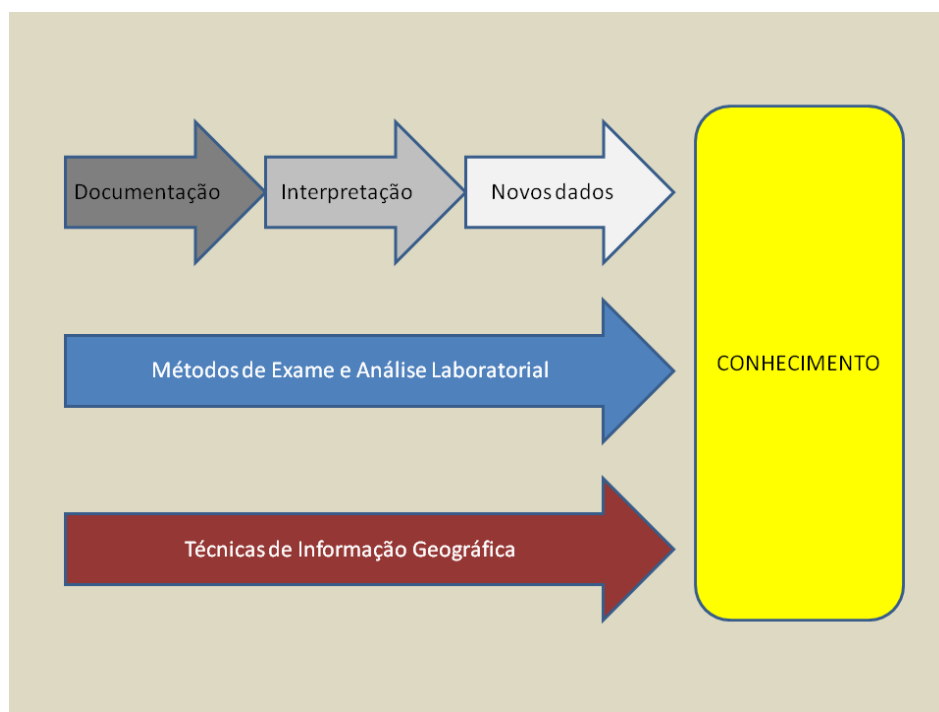
Figura 2 – Linhas de convergência sugeridas entre as Técnicas de Informação Geográfica e os Métodos de Exame e Análise no percurso para o conhecimento do objecto cultural. Obs.: Esquema elaborado pelo autor da dissertação.
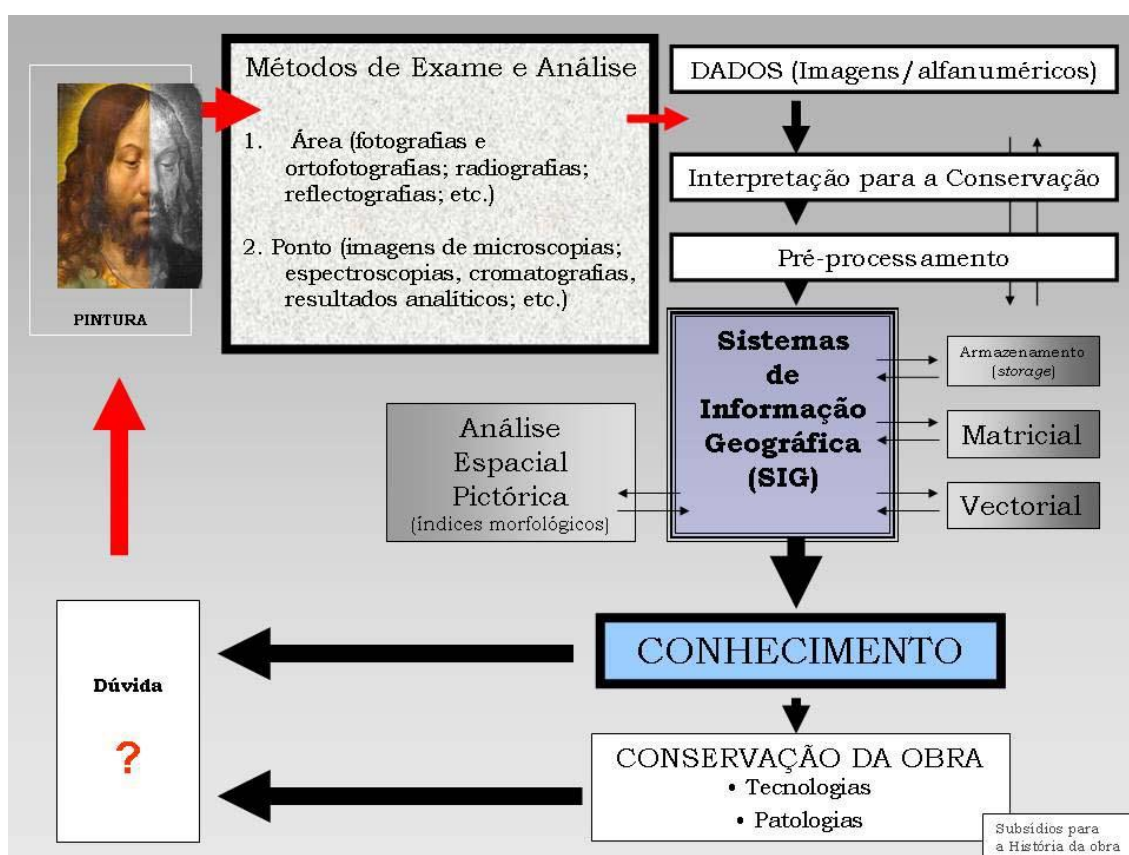
Figura 3 – Esquema geral e conteúdos específicos da dissertação. Obs.: Esquema elaborado pelo autor da dissertação.

Figura 4 – Painel da *Ressurreição de Lázaro*, Convento de Cristo, em Tomar. Obs.: Fotografia digital efectuada pelo autor da dissertação.

Figura 5 – Painel da *Entrada de Cristo em Jerusalém*, Convento de Cristo, em Tomar. Obs.: Fotografia digital produzida em contexto de obra pelo autor da dissertação.
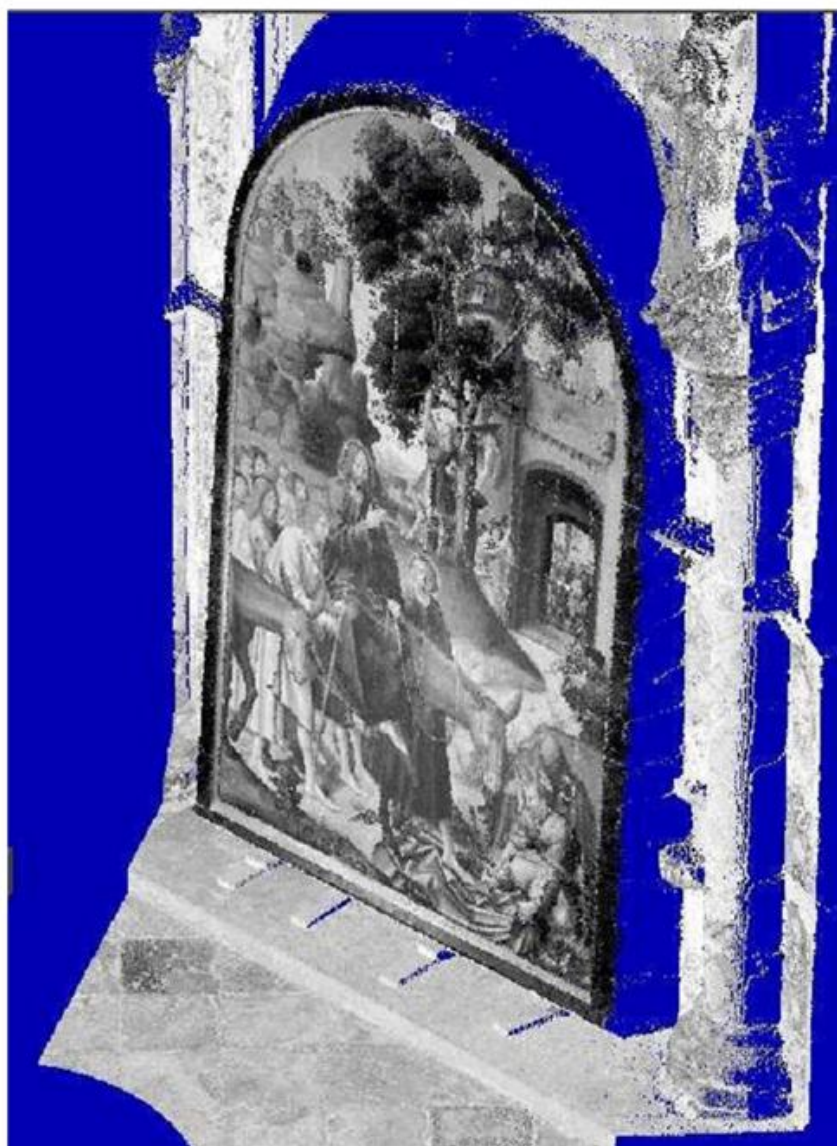
Figura 6 – Registo de reflectância do varrimento *laser* com nuvem de pontos no painel da *Entrada de Cristo em Jerusalém*, em Tomar (Imagem extraída de PIRES, Hugo; [*et al.*] – Towards a multispectral GIS integrating laser scanning data or how can geomatic improve C&R documentation practices: a first approach using two 16th century wood paintings of "Convento de Cristo" in Tomar. *In* CASTILLEJO, Marta; [et al.], ed. – *Lasers in the Conservation of Artworks. Proceedings of the International Conference LACONA VII, Madrid, Spain, 17–21 September 2007*. [S.l.]: CRC PRESS, 2008. Fig. 7). Obs.: Todos os direitos de autor da imagem reservados à empresa Superfície Topografia, Lda. (vd. *in http://www.superficie.pt/;* Consulta a 20 de Novembro de 2011).
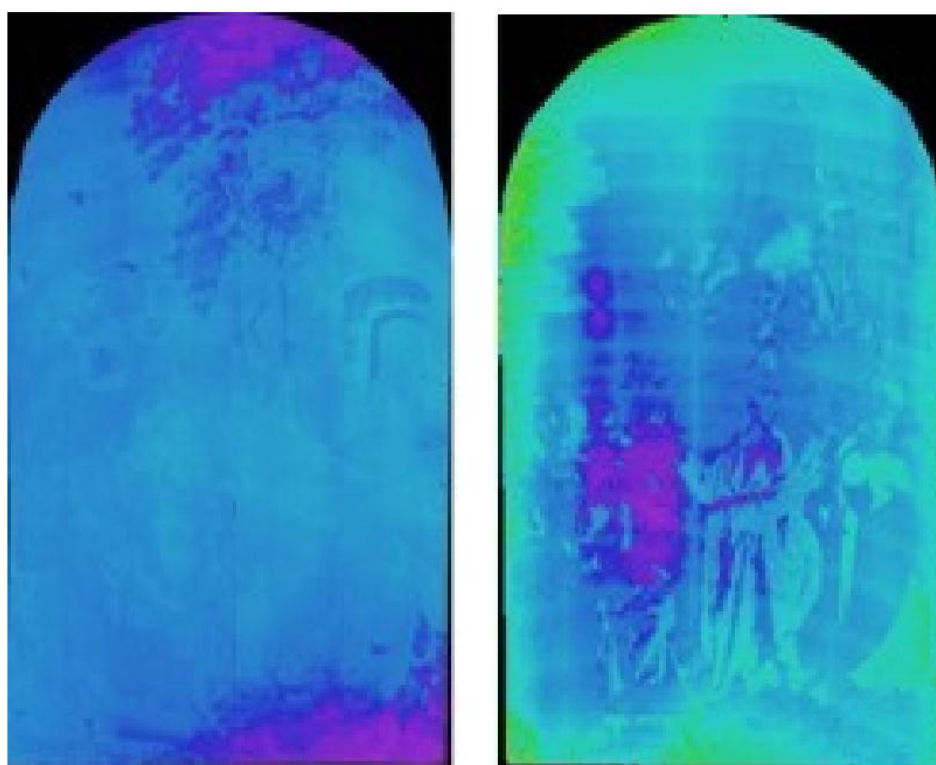
Figura 7 – Mapa hipsométrico do painel da *Entrada de Cristo em Jerusalém* e o da *Ressurreição de Lázaro*, em Tomar. Trabalho elaborado durante o processo de conservação e de restauro (imagem extraída de PIRES, Hugo; [*et al.*] – Integrating laser scanning, multispectral imagery and GIS in C&R documentation practices: a first approach using two 16th century wood paintings from Convento de Cristo in Tomar. *In XXI International CIPA Symposium, 01-06 October 2007, Athens, Greece*. *In http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/athens2007/fp118.pdf*. Fig 9; Consulta a 4 Abril 2009; 17h). Obs.: Todos os direitos de autor da imagem reservados à empresa Superfície Topografia, Lda. (vd. *In http://www.superficie.pt/;* Consulta a 20 de Novembro de 2011).

Figura 8 – Registo de reflectografia de infravermelho. Obs.: Fotografia efectuada pelo autor da dissertação durante o processo de análise técnica ao painel. Projecto elaborado sob a responsabilidade científica do Instituto Português da Conservação e Restauro (IPCR).
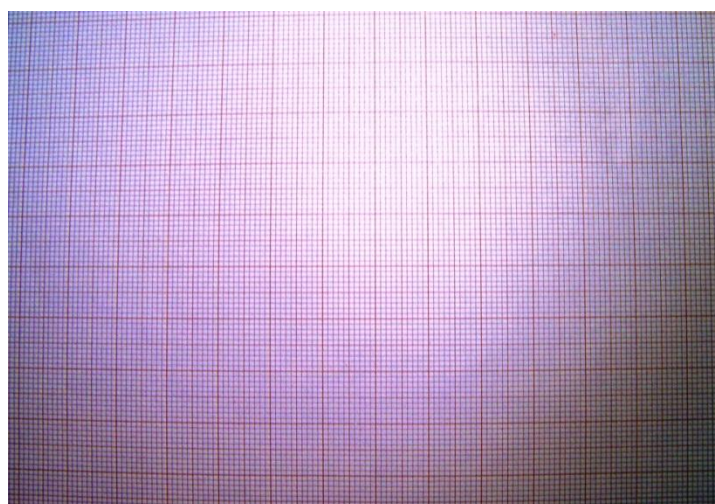
Figura 9 – Ilustração da distorção convexa com folha de papel milimétrico. Trata-se da deformação da imagem mais frequente nos registos fotográficos digitais em Conservação de Pintura. Obs.: Fotografia do autor da dissertação.
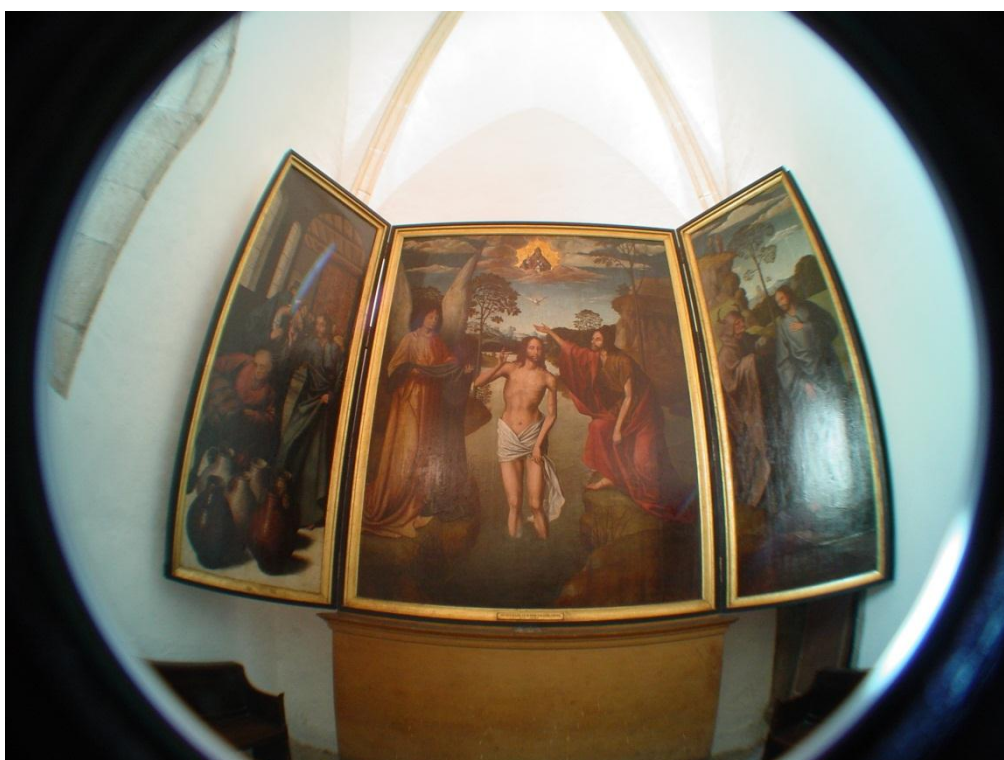
Figura 10 – Registo fotográfico digital com lente de grande angular, vulgarmente referida como “olho de peixe”. Representação do Tríptico do *Baptismo de Cristo*, da Igreja de São João Batista, em Tomar. Obs.: Fotografia digital de Miguel Garcia.
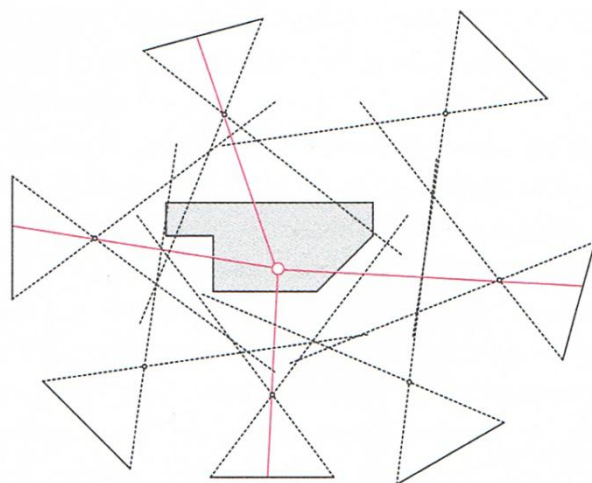
Figura 11 – Esquema de orientação dos registos fotográficos com sistema fotogramétrico de imagens múltiplas. Obs.: Imagem extraída de LUHMANN, Thomas; [*et al.*] – *Close Range Photogrammetry. Principles, Methods and Applications*. Dunbeath, Caithness: Whittles Publishing, p. 100.
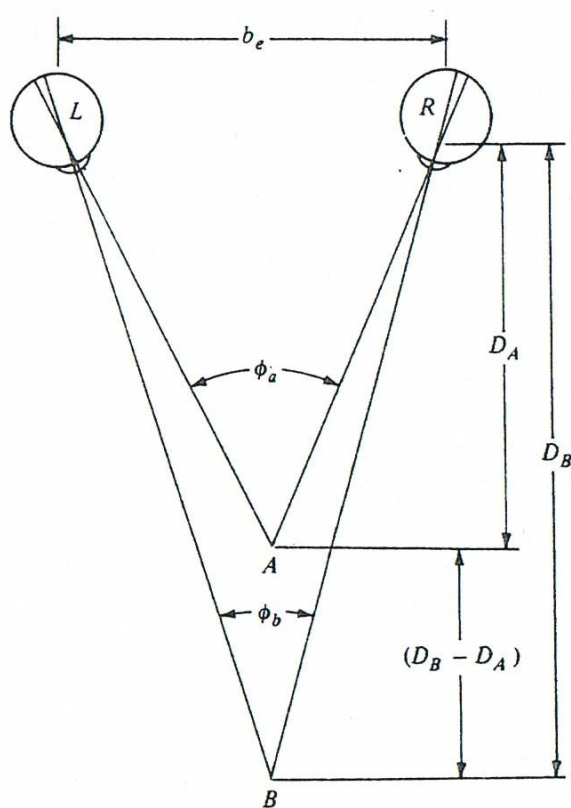
Figura 12 – Percepção de estereoscopia do sistema visual humano. Obs.: Imagem extraída de WOLF, Paul R. – *Elements of Photogrammetry*. Singapura: McGraw-Hill, 1983, p. 144. Ver Fig. 7–3.
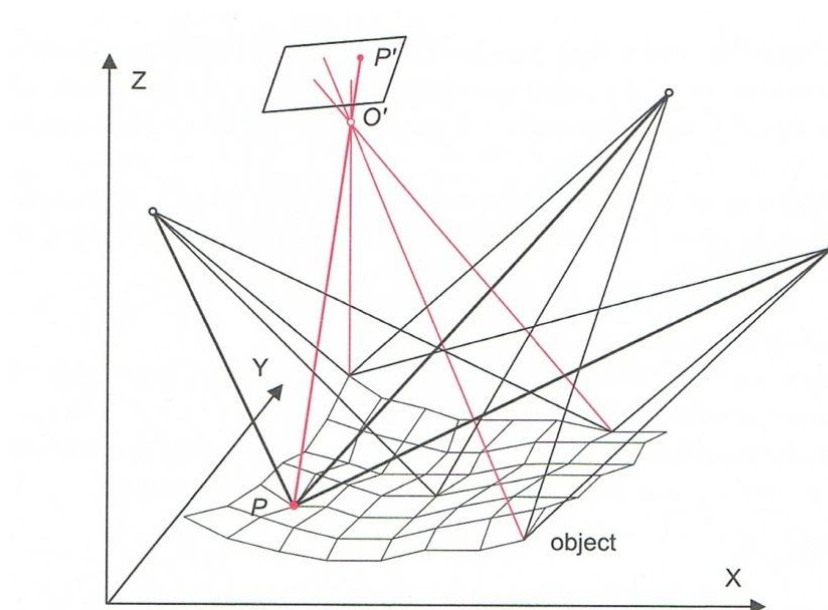
Figura 13 – Triangulação com imagens múltiplas. Obs.: Imagem extraída da obra LUHMAN, Thomas; [*et al.*] – *Close Range Photogrammetry. Principles, Methods and Applications*. Caithness: Whittles Publishing, 2006. Ver Fig. 4.23.
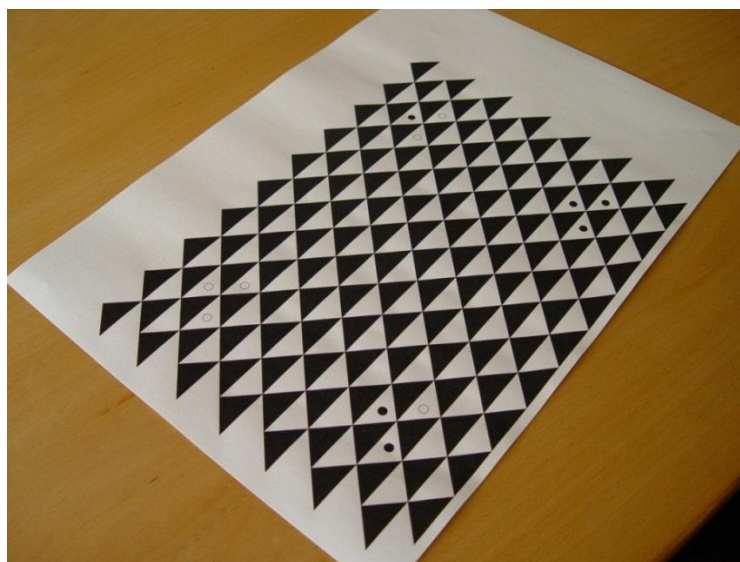
Figura 14 – Grelha de calibração fotogramétrica impressa em folha de papel. Obs.: Fotografia produzida pelo autor da dissertação durante o projecto fotogramétrico, especificamente, na fase de calibração do equipamento de registo.
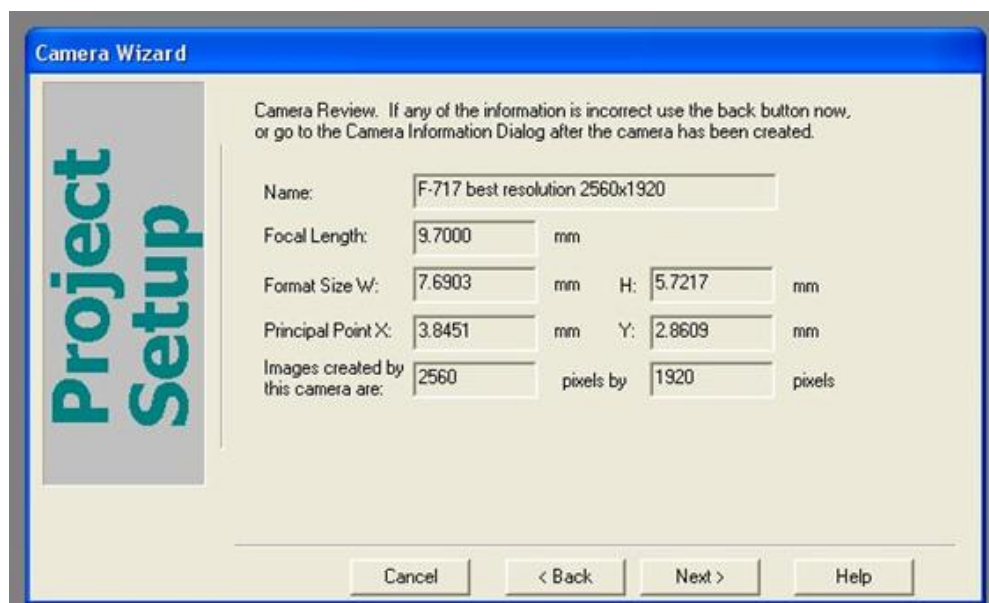
Figura 15 – Janela de diálogo com indicação dos parâmetros de calibração da câmara digital *Sony Cybershot F717* ®. Obs.: Vista do monitor produzida pelo autor da dissertação.

Figura 16 – Câmara digital com características métricas para fotogrametria de curto alcance (*Rollei d7 Metric*). Obs.: Imagem extraída do artigo PEIPE, J.; TECKLEMBURG, W. - Photogrammetric camera calibration software - a comparison. *In* MAAS, H-G.; SCHNEIDER, D., ed. – *Proceedings of the ISPRS Commission V Symposium. 'Image Engineering and Vision Metrology', Dresden, Germany 25–27 September 2006, VOLUME XXXVI, PART 5*. Fig. 2. *In http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part5/paper/1255_Dresden06.pdf*; Consulta a 20 de Novembro de 2011; 19h.
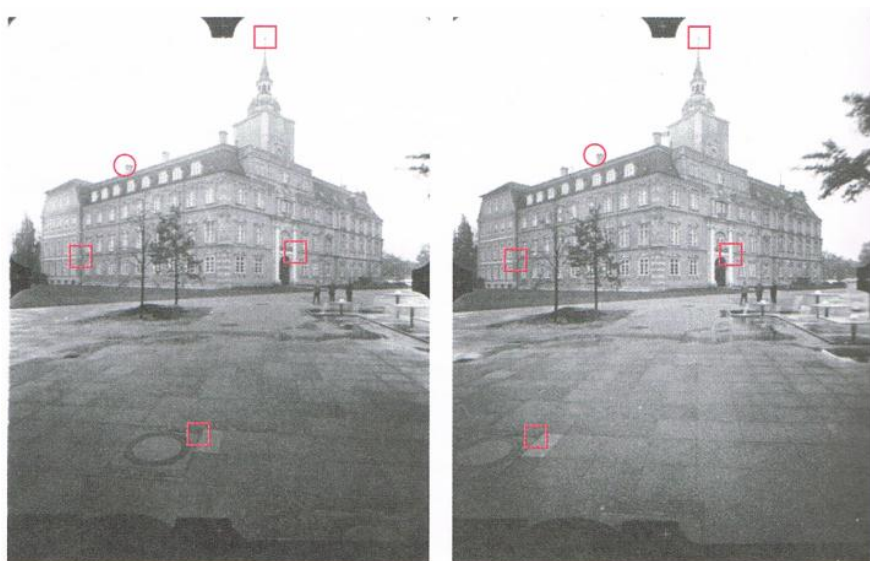
Figura 17 – Elaboração da estereoscopia de um edifício. Quando se tem duas imagens do mesmo objecto e se identificam pontos homólogos é possível produzir-se um modelo para observação estereográfica. Obs.: Imagem extraída de LUHMANN, [et al.] – *Close Range Photogrammetry. Principles, Methods and Applications*. Dunbeath, Caithness: Whittles Publishing, p. 216.
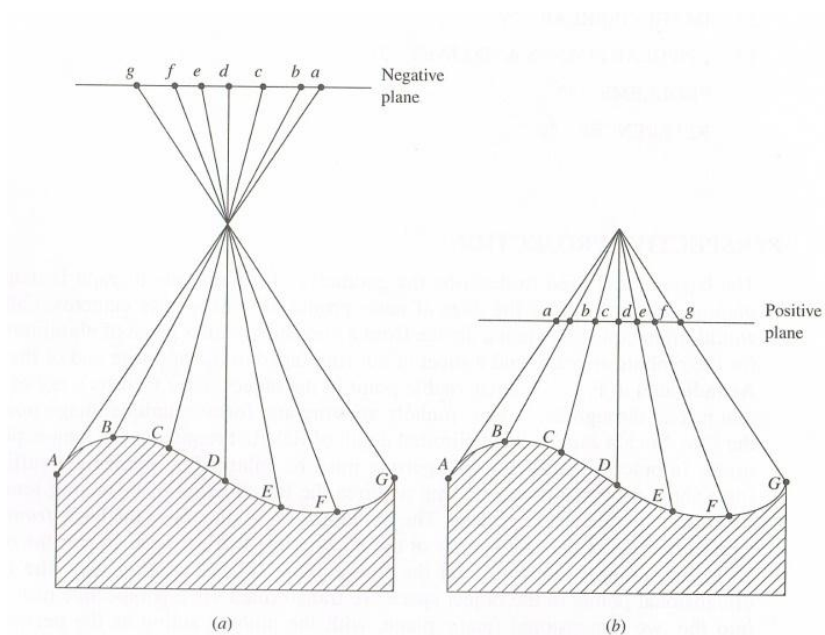
Figura 18 – Geometria da fotografia vertical, com plano negativo e positivo. Obs.: Imagem extraída de MIKHAIL, Edward M.; [*et al.*] – *Introduction to Modern Photogrammetry*. Nova Iorque: JohnWiley & Sons, 2001. Ver Fig. 2-2.
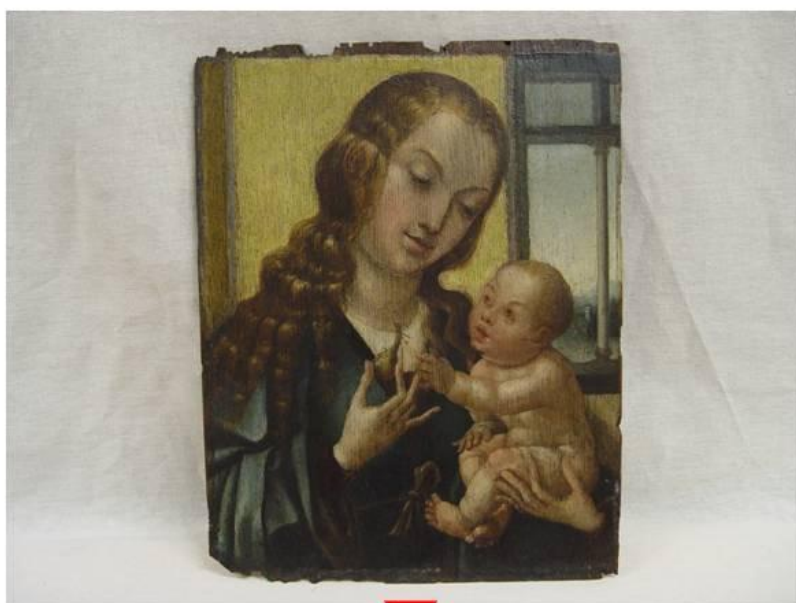
Figura 19 – Fotografia digital de um painel de pintura quinhentista. Obra atribuída à Oficina portuguesa, com representação de *Virgem e Menino*. O registo fotográfico fez-se com luz visível. Observa-se também a ortofotografia correspondente produzida no projecto fotogramétrico (Registos fotográficos do autor da dissertação). Obs.: Todos os direitos de autor da imagem são reservados ao Museu de Artes Decorativas Portuguesas, Fundação Ricardo do Espírito Santo Silva (FRESS).

Figura 20 – Registo fotográfico da fluorescência de ultravioleta e respectiva ortofotografia digital (Registos do autor da dissertação). Obs.: Todos os direitos de autor da imagem são reservados ao Museu de Artes Decorativas Portuguesas, Fundação Ricardo do Espírito Santo Silva (FRESS).
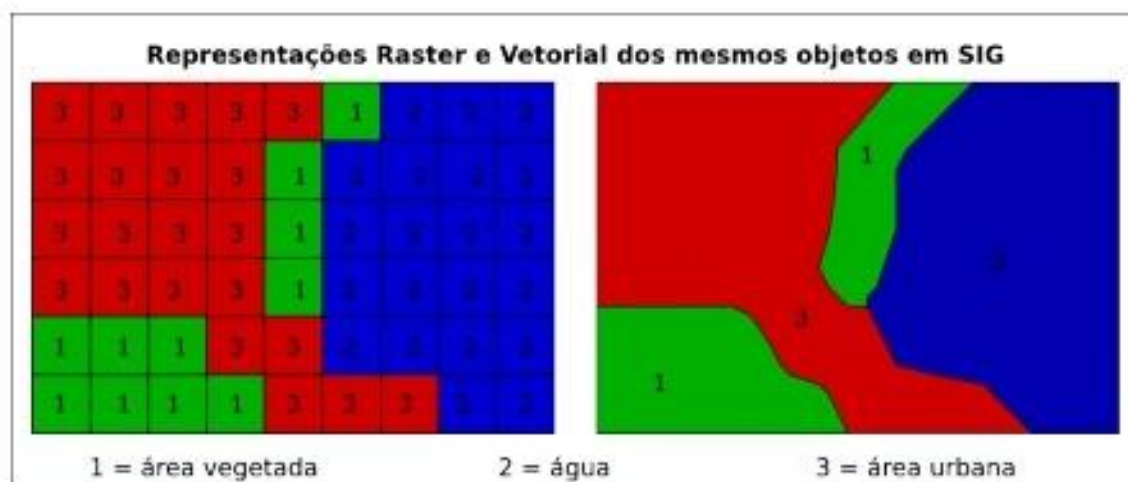
Figura 21 – Os dois sistemas de representação, matricial e vectorial, vistos na mesma área. Obs.: Imagem extraída de GROHMANN, Carlos Henrique – *Introdução à Análise Espacial do Terreno com GRASS-GIS*. Rio de Janeiro: Instituto de Geociências, USP, 2008. Ver Fig. 1.2.
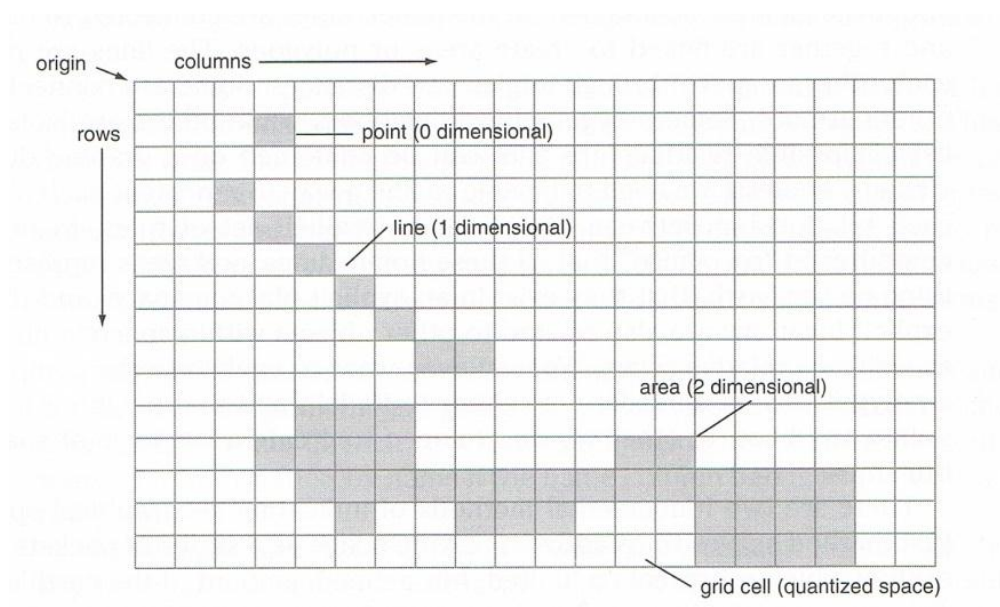
Figura 22 – Modelo de representação matricial. Obs.: Imagem extraída de DEMERS, Michael N. – *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 1997, p. 98. Ver Fig. 4.9.
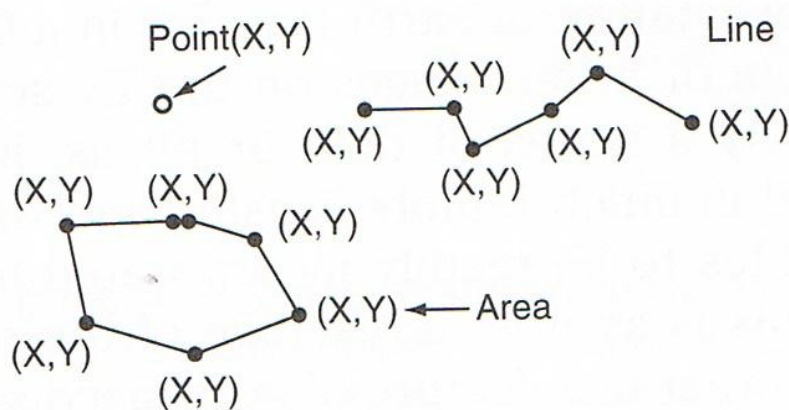
Figura 23 – Modelo de representação vectorial: o ponto, a linha e o polígono. Obs.: Imagem extraída de DEMERS, Michael N. – *Fundamentals of Geographic Information Systems*. Nova Iorque: John Wiley & Sons, Inc., 1997, p. 100. Ver Fig. 4.10.
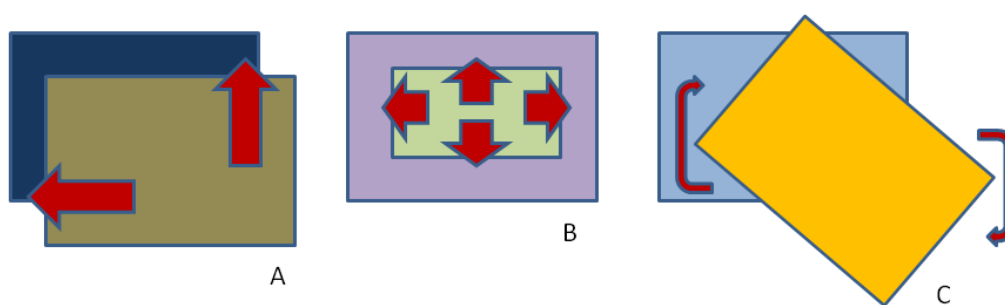
Figura 24 – Processo de translação (A), ajuste de escala (B) e rotação (C). Obs.: Esquema gráfico produzido pelo autor da dissertação.
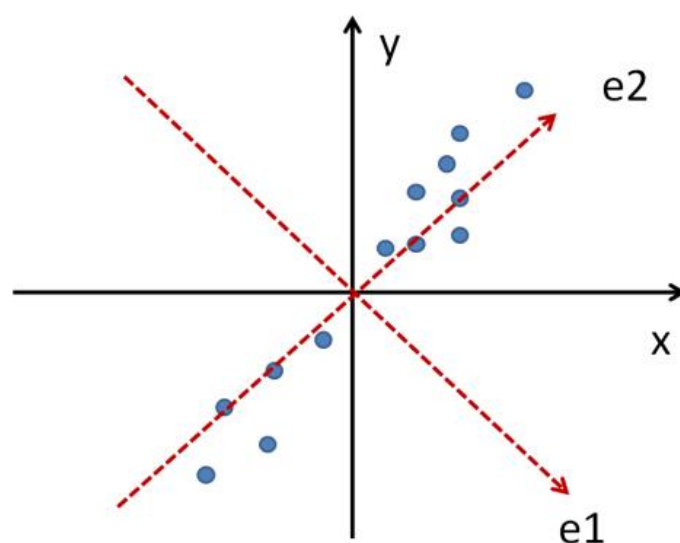
Figura 25 – Os novos eixos ortogonais (e1 e e2) obtidos pela transformação linear das componentes principais. A representação dos dados, que antes da transformada eram vistos em função dos eixos x e y, após o processamento passou a ser nos eixos e1 e e2. Obs.: Adaptação de PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William Robson – *Análise de Imagens Digitais. Princípios, Algoritmos e Aplicações*. São Paulo: Thomson Learning, 2008, p. 87. Ver Fig. 3.34.
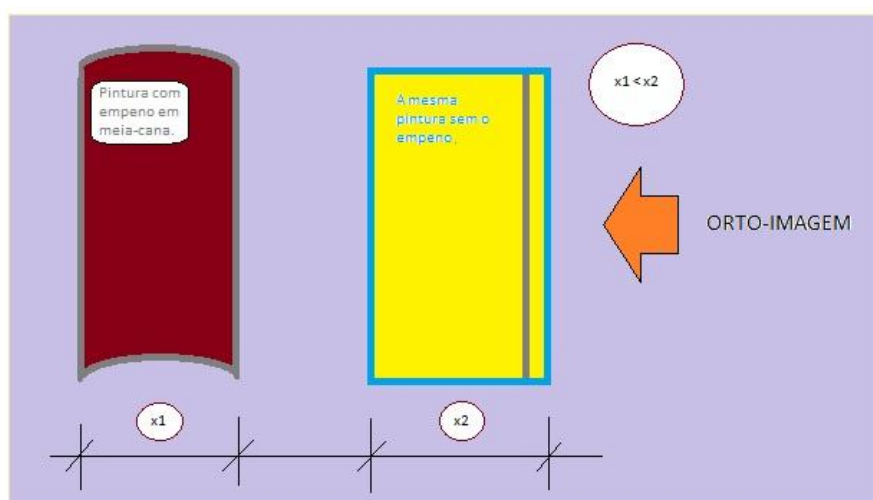
Figura 26 – Esquema gráfico que ilustra uma diferença métrica possível entre uma fotografia tradicional de uma pintura sobre madeira com empeno em meia-cana e uma ortofotografia. Obs.: Esquema do autor da dissertação.
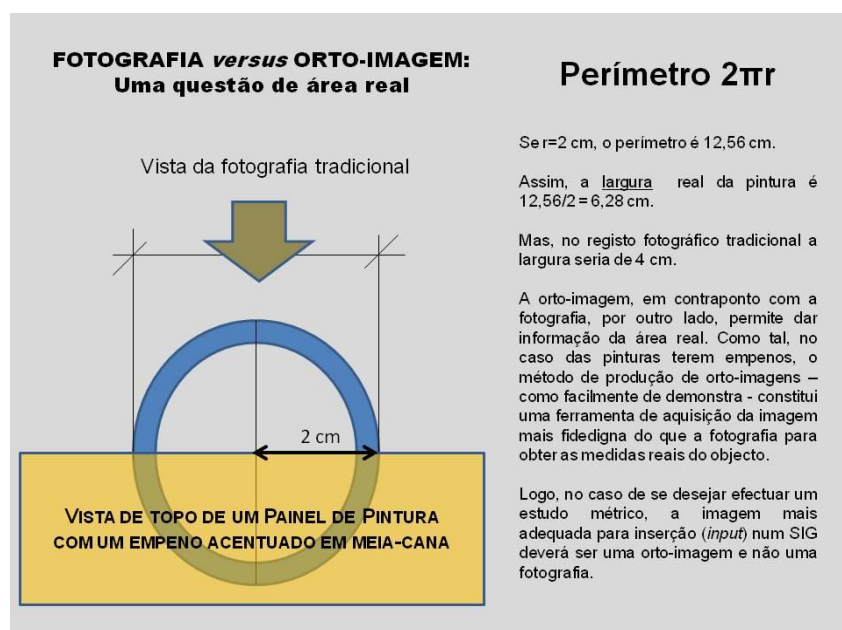
Figura 27 – Demonstração esquemática do diferencial entre a área real num registo fotográfico tradicional e uma ortofotografia. A situação ilustrada tem em linha de conta uma pintura com um empeno significativo em meia-cana. Esquema do autor da dissertação.
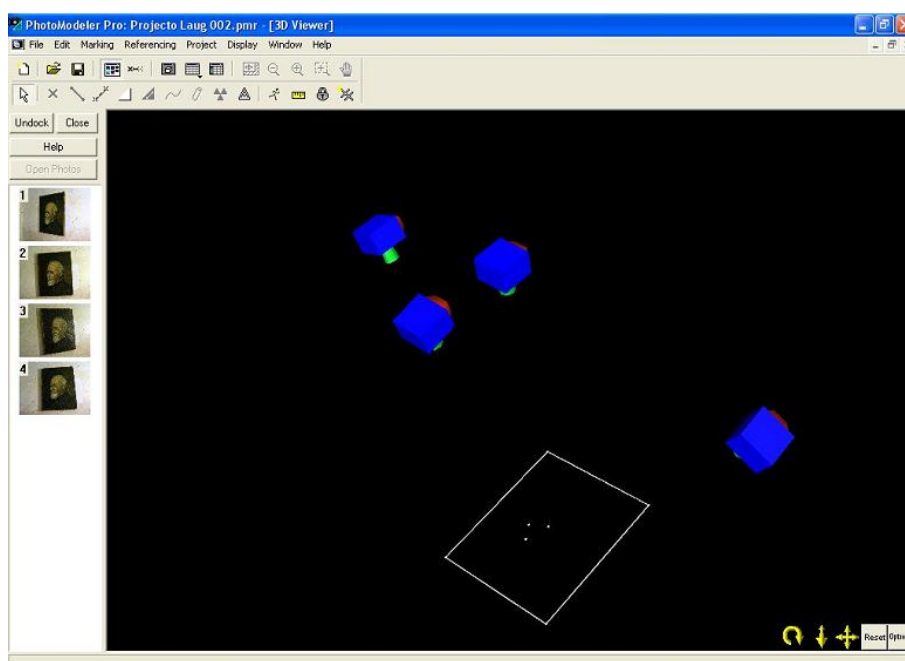
Figura 28 – Vista do objecto em estrutura de arame (*wireframe*), com localização das câmaras após orientação relativa. Obs.: Imagem de monitor do autor da dissertação.
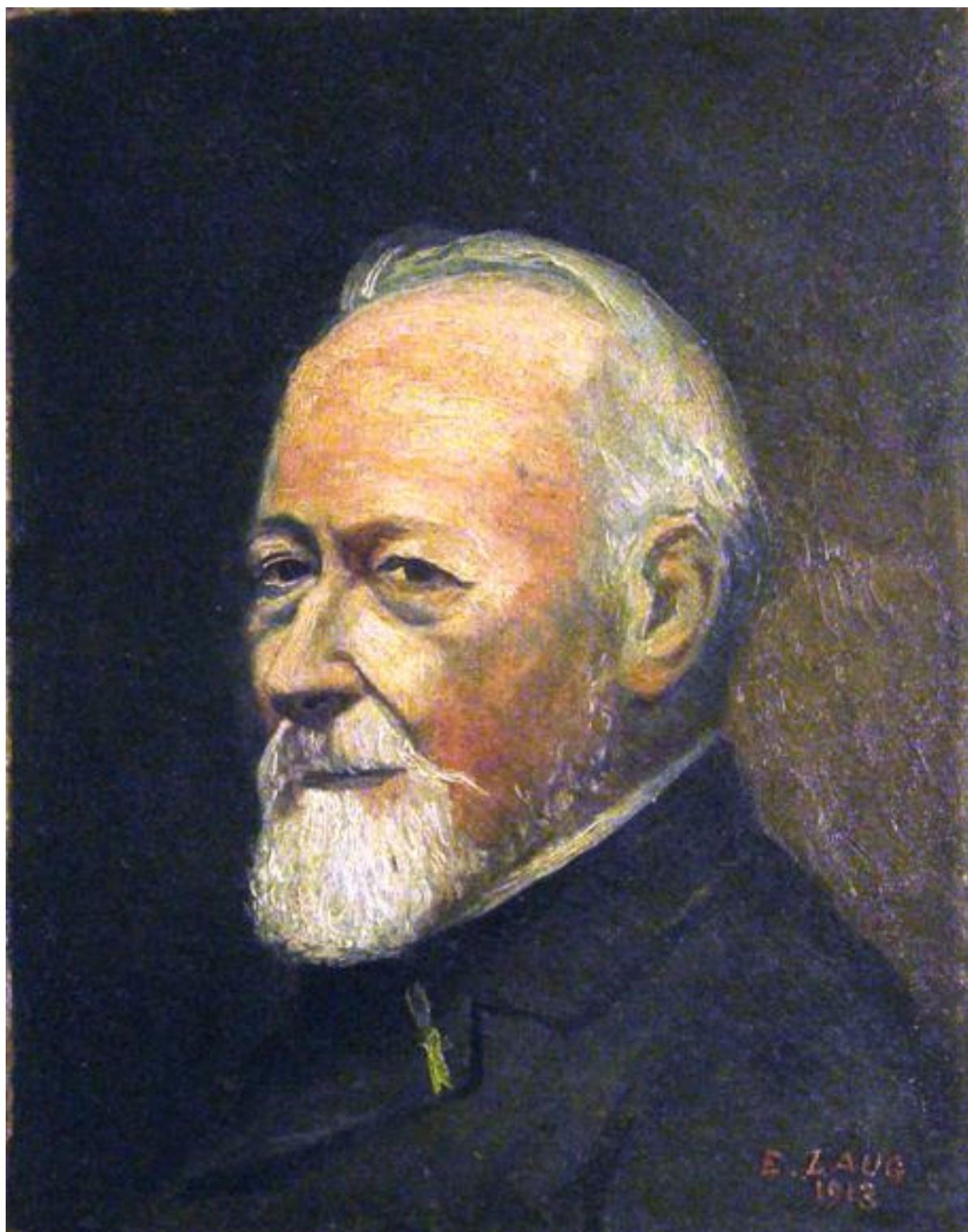
Figura 29 – Ortofotografia digital da pintura sobre tela de E. Laug. Obs.: Registo do autor da dissertaçã

Figura 30 – Vista da pintura de Mário Eloy e do equipamento móvel de espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva, da Escola das Artes, da Universidade Católica Portuguesa (UCP). Obs.: Fotografia efectuada pelo autor da dissertação.
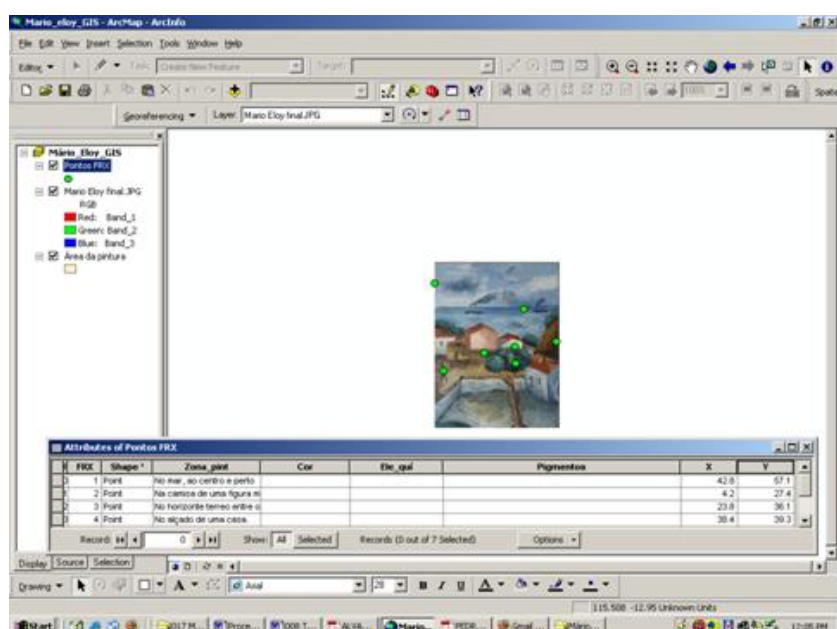
Figura 31 – Vista da janela de diálogo do projecto de georreferenciação, com indicação dos pontos de análise, tabela de atributos e coordenadas espaciais. Obs.: Registo do autor da dissertação.
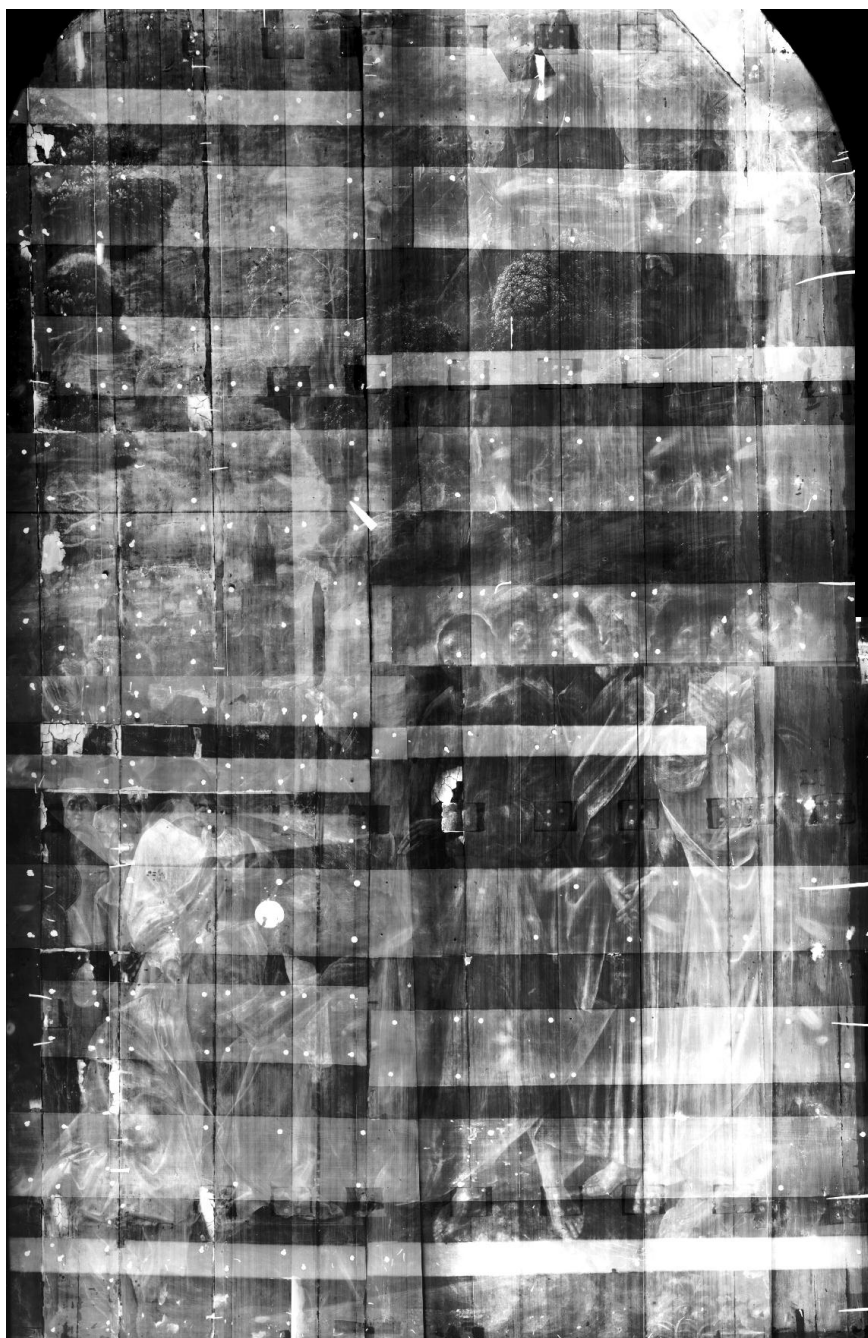
Figura 32 – Registo radiográfico digital do painel da *Ressurreição de Lázaro*. Numa primeira fase a imagem adquiriu-se em mesa de luz e numa segunda fase efectuou-se uma montagem fotográfica manual em mosaico, com um programa informático de tratamento de imagem – *Photoshop*® (Fotografias digitais e edição do autor da dissertação). Obs.: Todos os direitos de autor são reservados ao Instituto dos Museus e da Conservação (IMC).
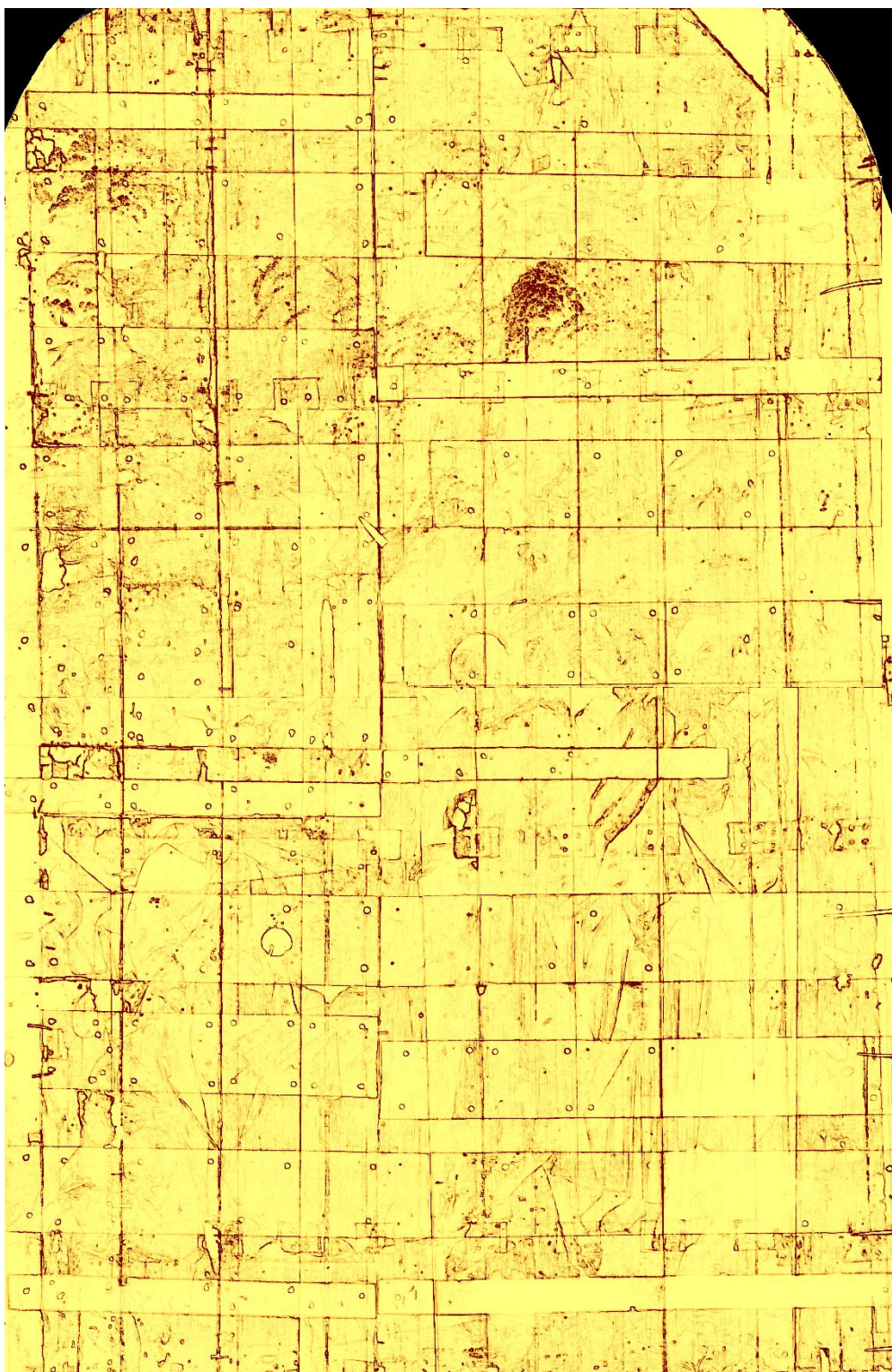
Figura 33 – Resultados do processo de análise com filtros direccionais. Neste exercício teve-se por base a imagem digital da radiografia. Obs.: Imagem do autor da dissertação.
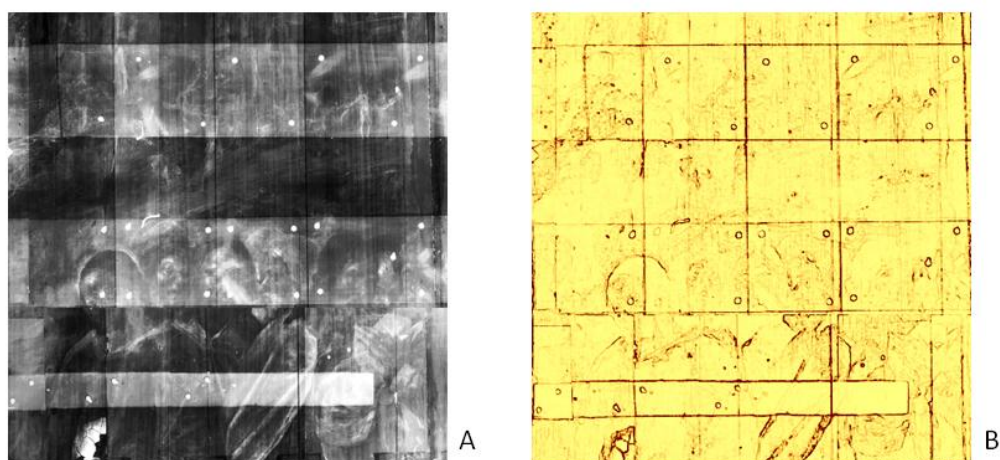
Figura 34 – Vista de pormenor do registo radiográfico digital e do processamento da imagem (A e B). Obs.: Imagens produzidas pelo autor da dissertação.

Figura 35 – Vista geral do painel com representação do *Profeta Isaías* (Fotografia efectuada pelo autor da dissertação). Obs.: Todos os direitos da imagem são reservados ao Instituto dos Museus e da Conservação (IMC).

Figura 36 – Pormenor dos orifícios de saída das galerias dos insectos xilófagos. Obs.: Fotografia produzida pelo autor da dissertação.

Figura 37 – Vista de pormenor com representação da base do nicho. Obs.: Fotografia produzida pelo autor da dissertação.
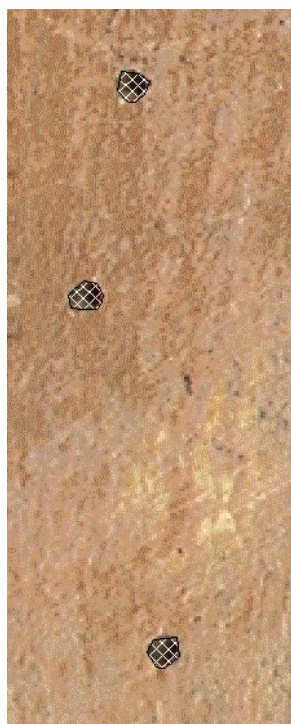
Figura 38 – Detalhe de zona com três orifícios reconhecidos. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
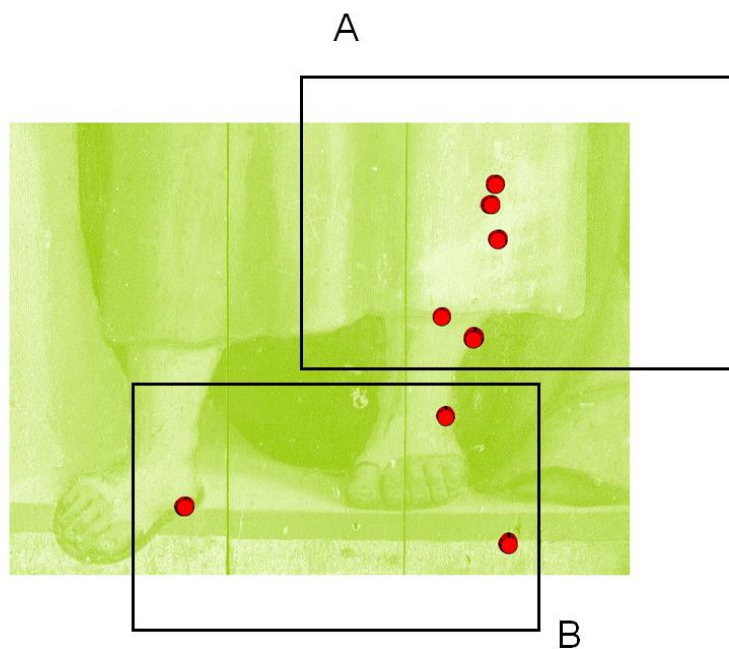
Figura 39 – Mapa temático da zona inferior do painel, com anotação gráfica dos orifícios identificados (A) e não identificados (A). Obs.: Imagem e esquema gráfico produzido pelo autor da dissertação.

Figura 40 – Vista geral da Thangka. Obs.: Fotografia feita pelo autor da dissertação. Todos os direitos de autor estão reservados à empresa Zarco, Antiquários, Lda.
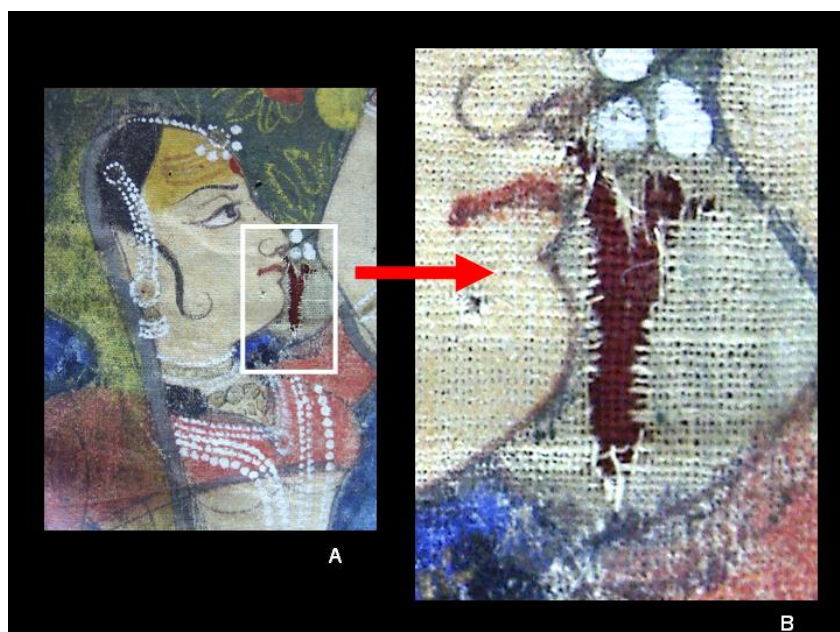
Figura 41 – Representação em pormenor do rasgão analisado. Obs.: Imagens e esquema gráfico produzidos pelo autor da dissertação.
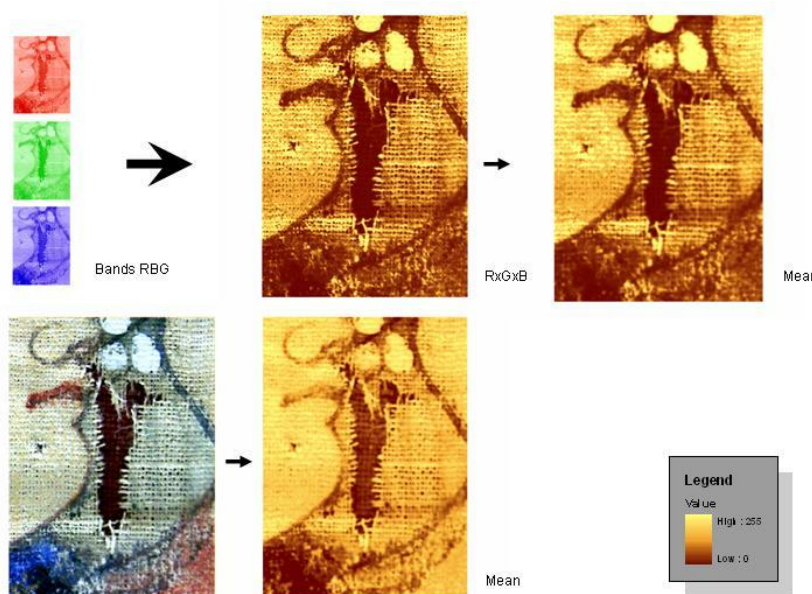
Figura 42 – Esquema ilustrativo dos procedimentos aplicados no caso de estudo. Obs.: Representação gráfica e mapa temático elaborado pelo autor da dissertação.
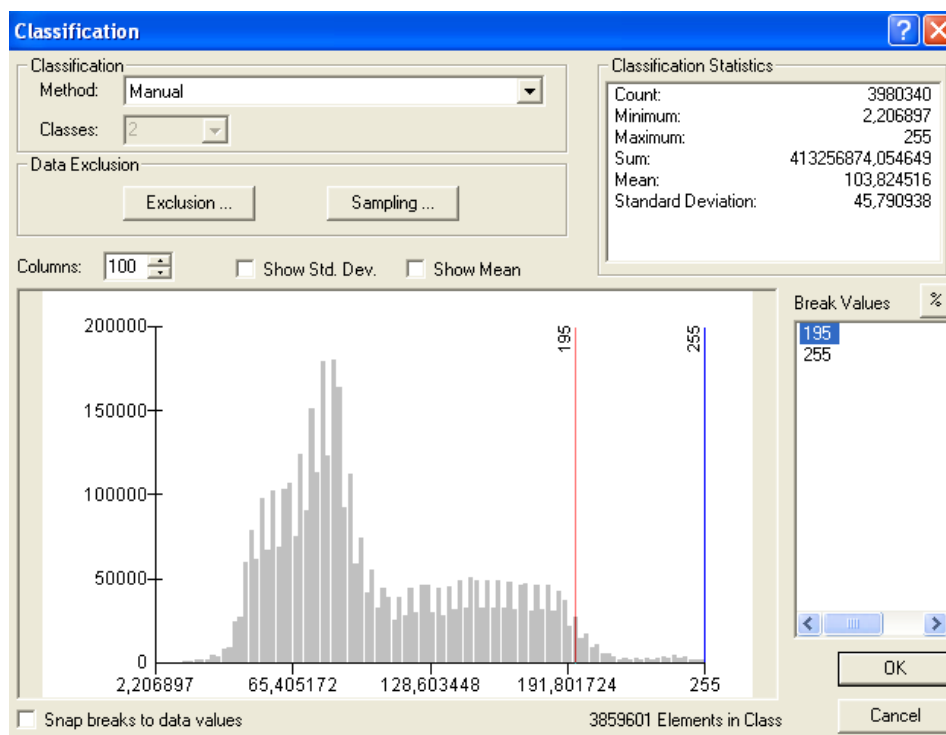
Figura 43 – Janela de diálogo do procedimento de reclassificação da imagem. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
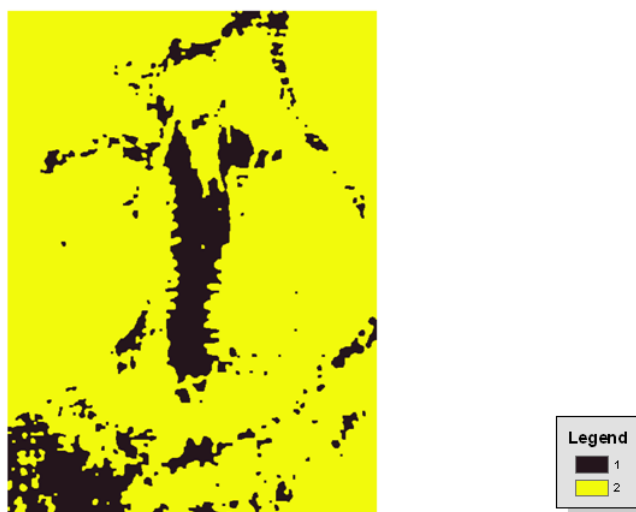
Figura 44 – Mapa temático após operação de limpeza de fronteiras (*boundary clean*). Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.

Figura 45 – Representação matricial do agrupamento de regiões na zona do rasgão. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
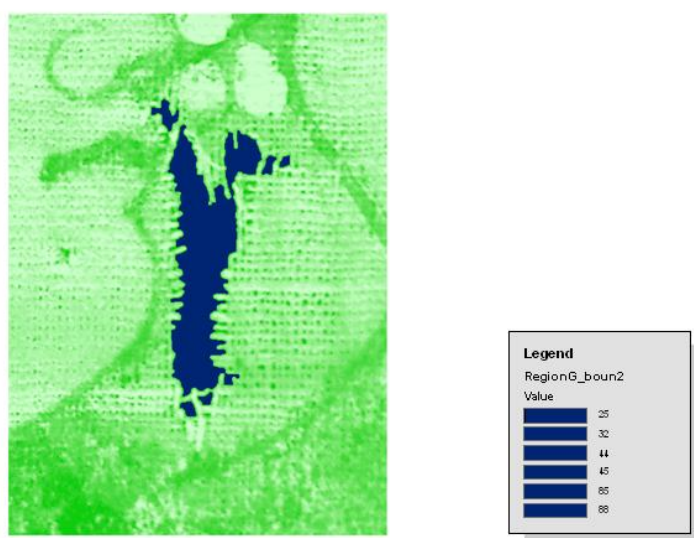
Figura 46 – Área final do rasgão, com atribuição das cores para o fundo e para o rasgão, ambas as regiões foram seleccionadas pelo analista. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
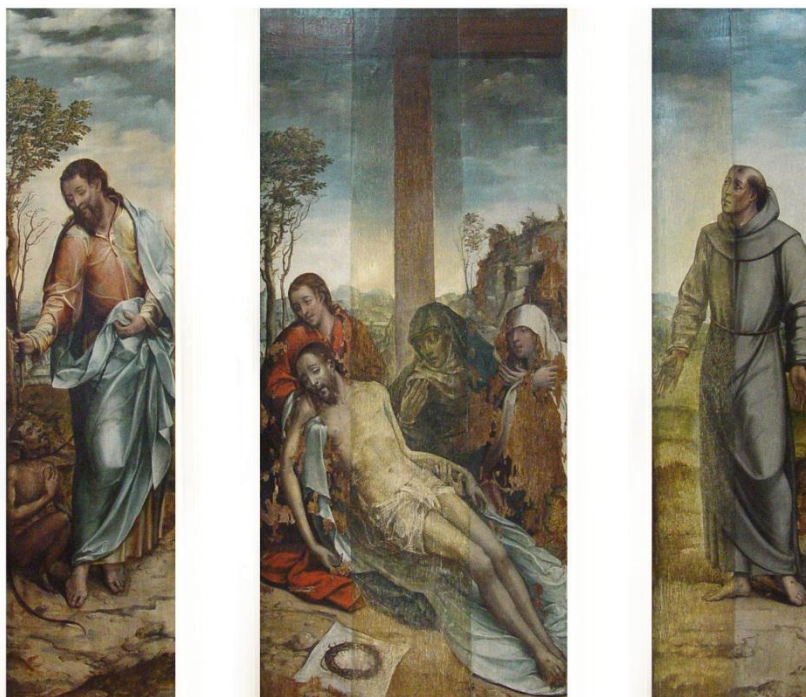
Figura 47 – Tríptico da *Pietá com dois Santos*. Observa-se a reintegração cromática diferenciada de Abel de Moura no painel lateral de *São Francisco* e no painel central. Obs.: Fotografias do autor da dissertação. Direitos reservados ao Museu de Artes Decorativas Portuguesas, Fundação Ricardo do Espírito Santo Silva (FRESS). N.º de inventário 33, 34 e 35.
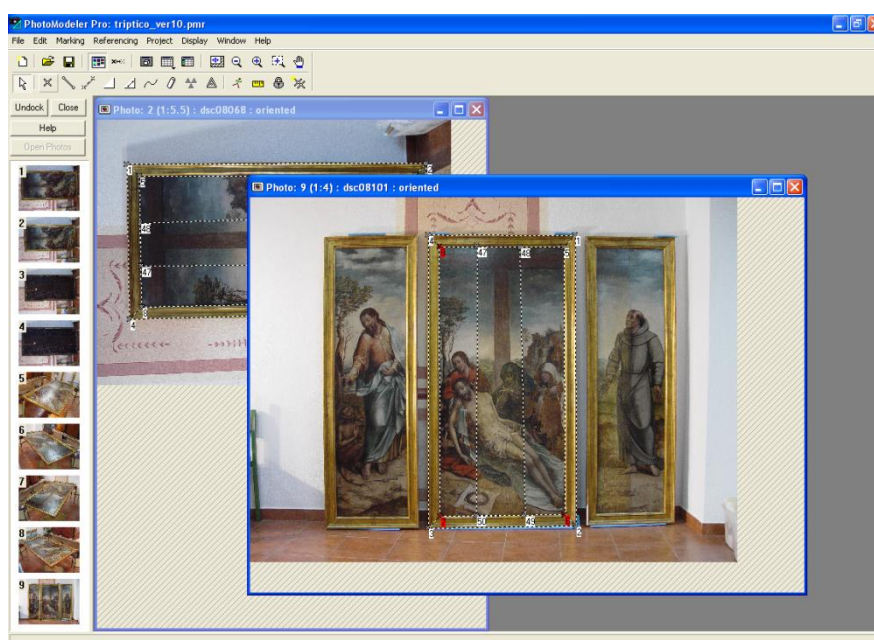
Figura 48 – Marcação dos pontos homólogos em ambiente fotogramétrico (*Photomodeler* ®). Obs.: Vista de monitor produzida pelo autor da dissertação.
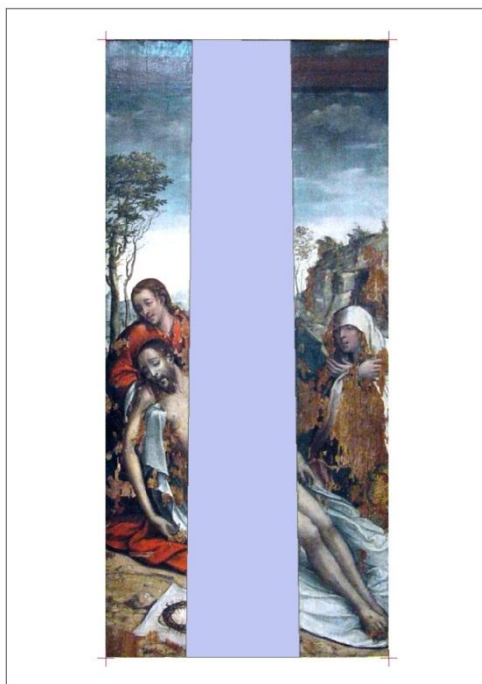
Figura 49 – Imagem rectificada e polígono correspondente à área de intervenção na reintegração cromática de Abel de Moura no painel central da *Pietá*. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.

Figura 50 – Imagem rectificada e polígono correspondente à área de intervenção da reintegração cromática de Abel de Moura no painel de *São Francisco*. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.

Figura 51 – Painel de pintura sobre madeira com representação da *Ressurreição de Lázaro*. Obs.: Fotografia digital do autor da dissertação.

Figura 52 – Pormenor da área analisada. Obs.: Fotografia digital do autor da dissertação.

Figura 53 – Vista do detalhe com identificação das lacunas. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
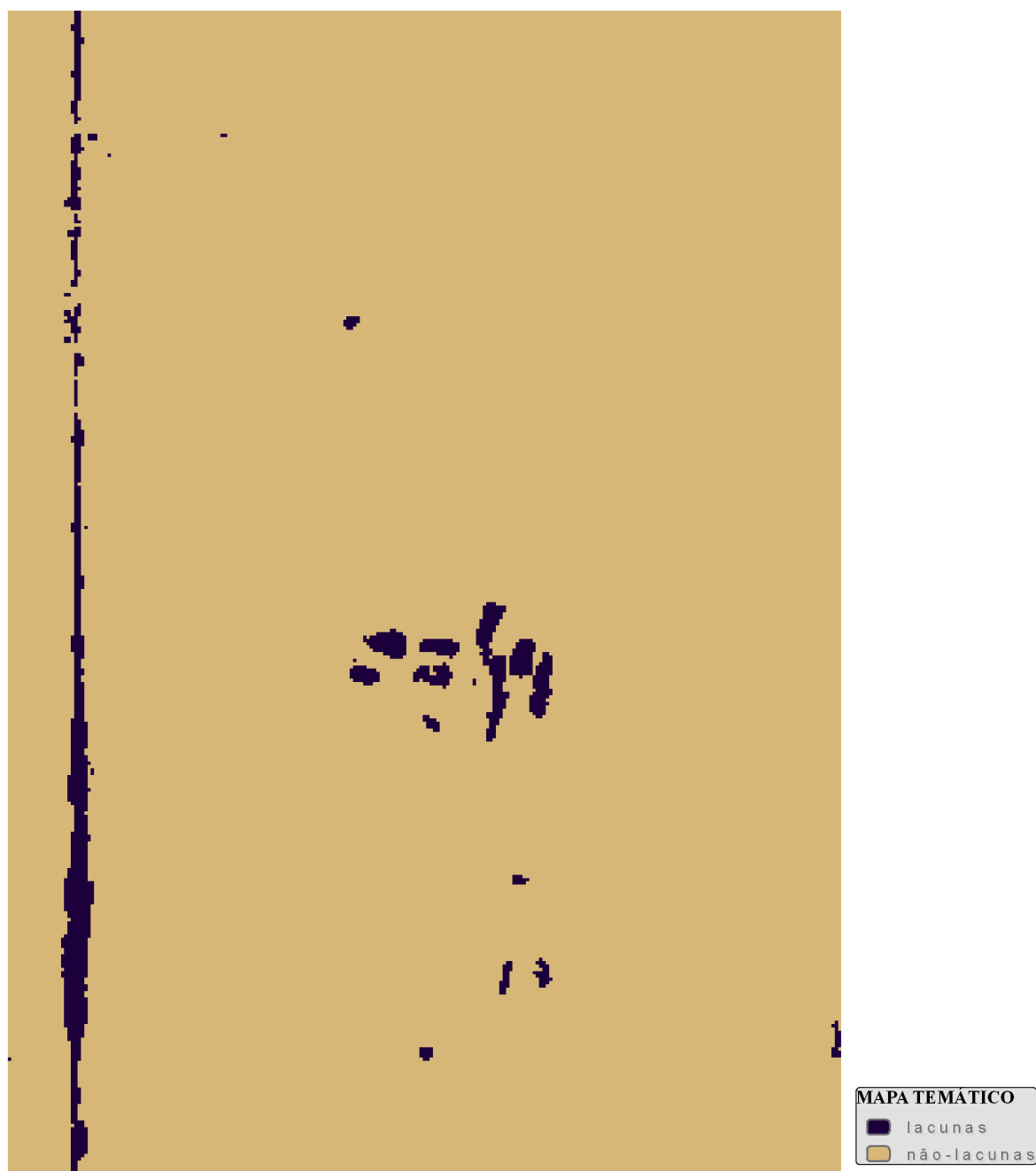
Figura 54 – Mapa temático da superfície com indicação das lacunas e da área total de camada cromática.

Figura 55 – Edição de pontos. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
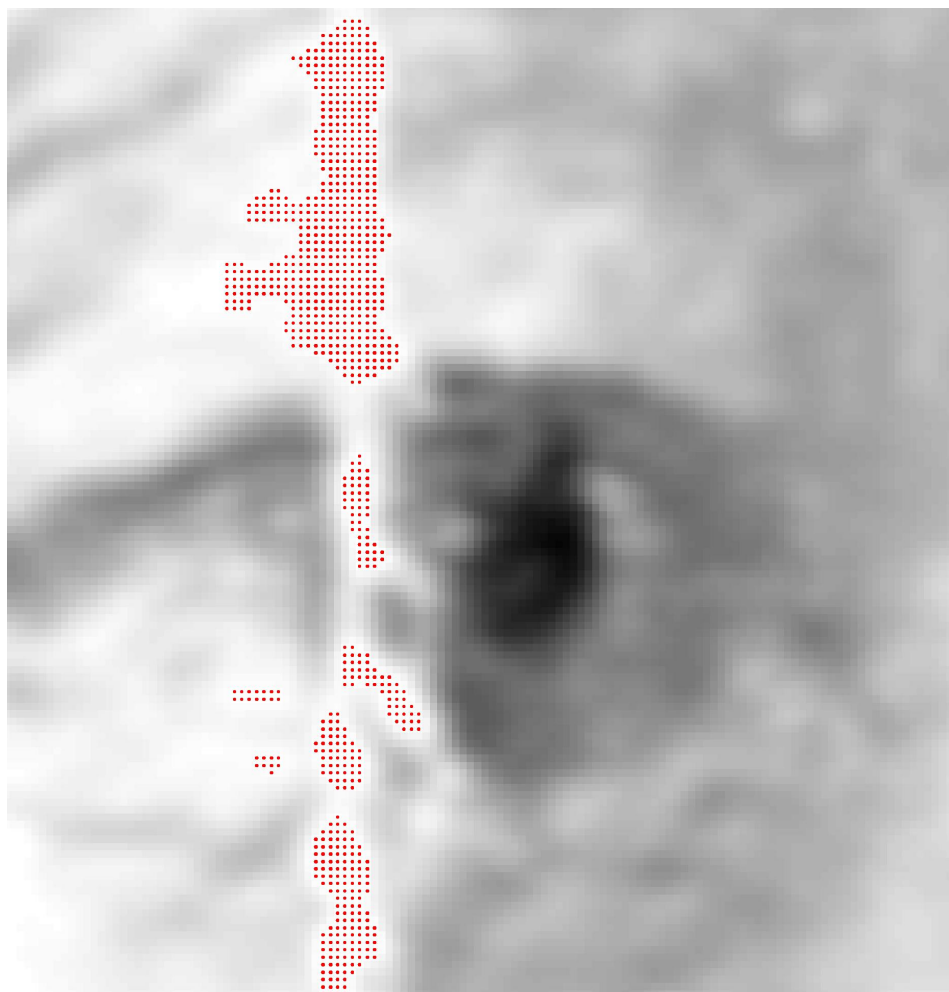
Figura 56 – Indicação dos pontos centróides associados às células (pixéis). Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
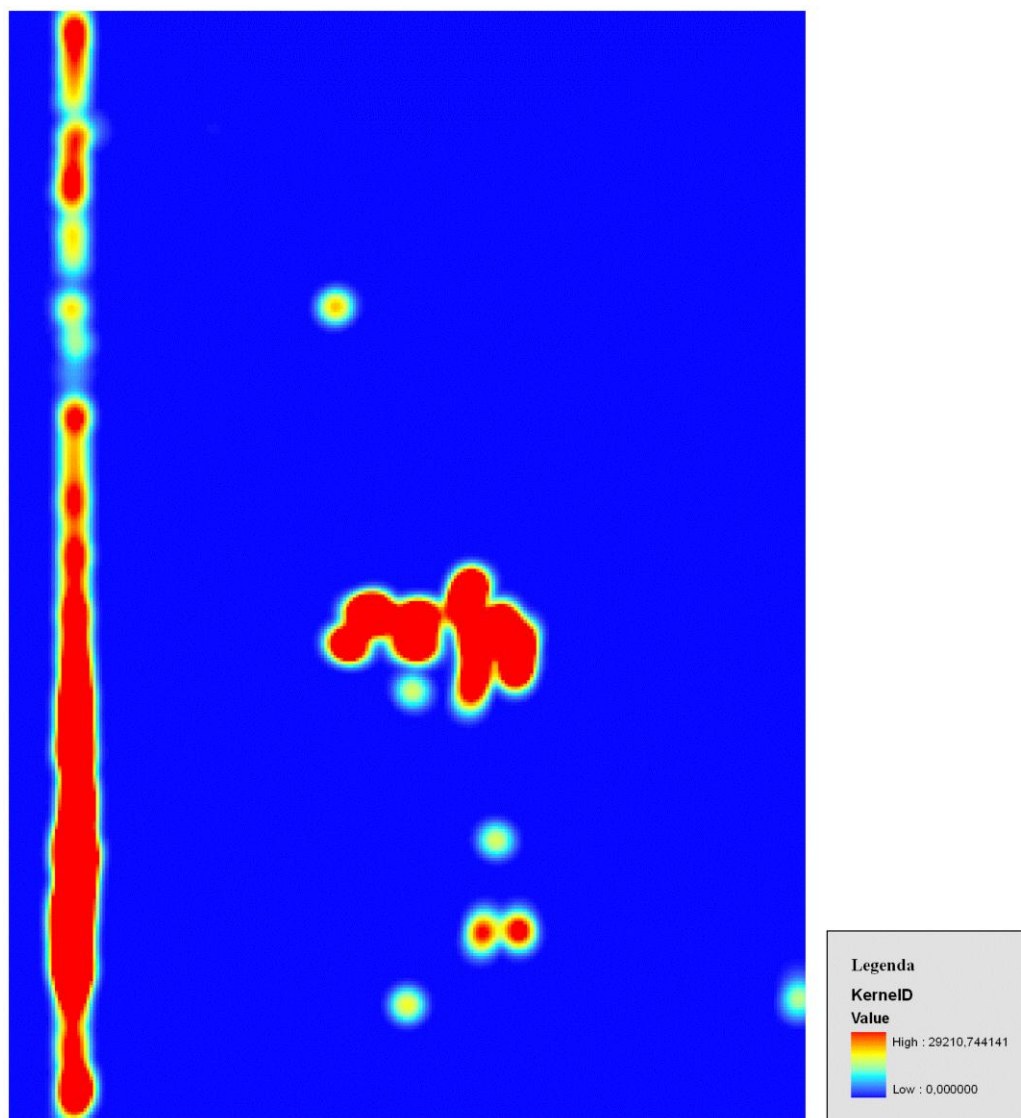
Figura 57 – Resultado da função de densidade *kernel*. Obs.: Mapa temático produzido pelo autor da dissertação.
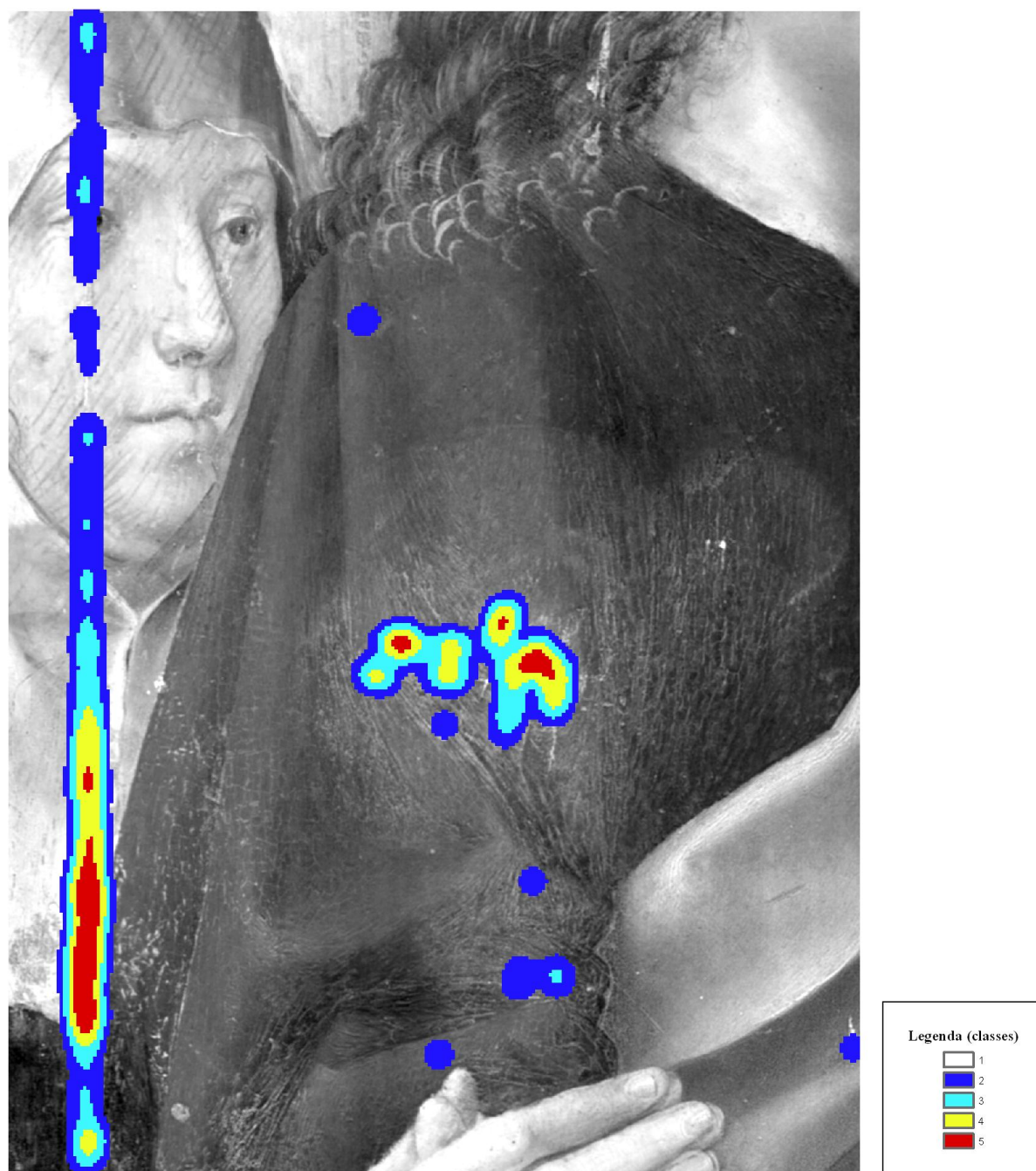
Figura 58 – Reclassificação em 5 classes das regiões das lacunas. Obs.: Mapa temático produzido pelo autor da dissertação.

Figura 59 – Mapa temático das lacunas em modo de mapa de risco. Obs.: Registo produzido pelo autor da dissertação.

Figura 60 – Inscrição a lápis de grafite em travessa de madeira. Obs.: Fotografia digital do autor da dissertação.
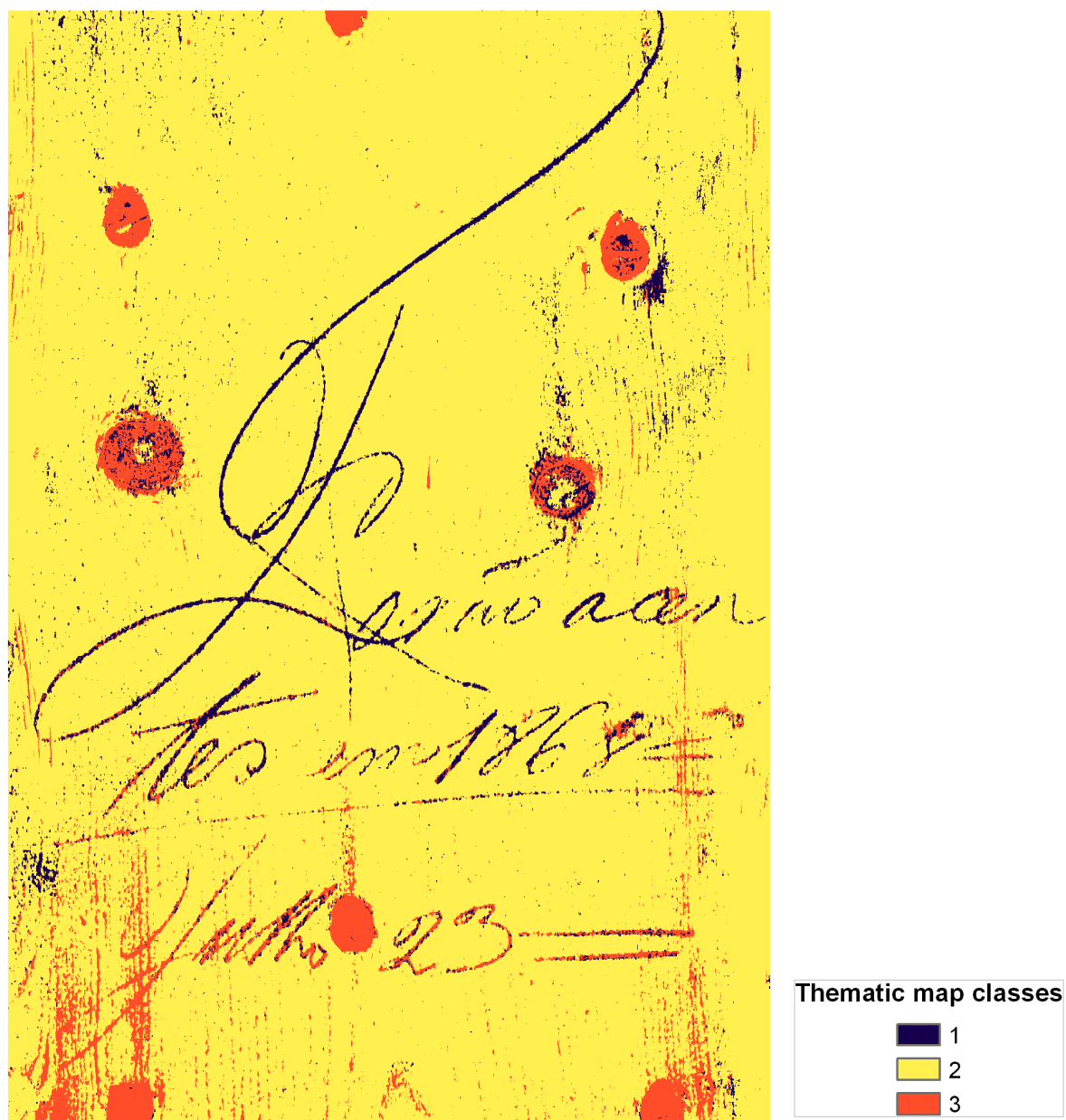
Figura 61 – Segmentação da inscrição. Obs.: Imagem do autor da dissertação.

Figura 62 – Pintura mural da *Ressurreição de Cristo*, do Convento de Cristo, em Tomar. Obs.: Fotografia digital do autor da dissertação.

Figura 63 – Imagem de falsa cor resultante da Análise de Componentes Principais (ACP). Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
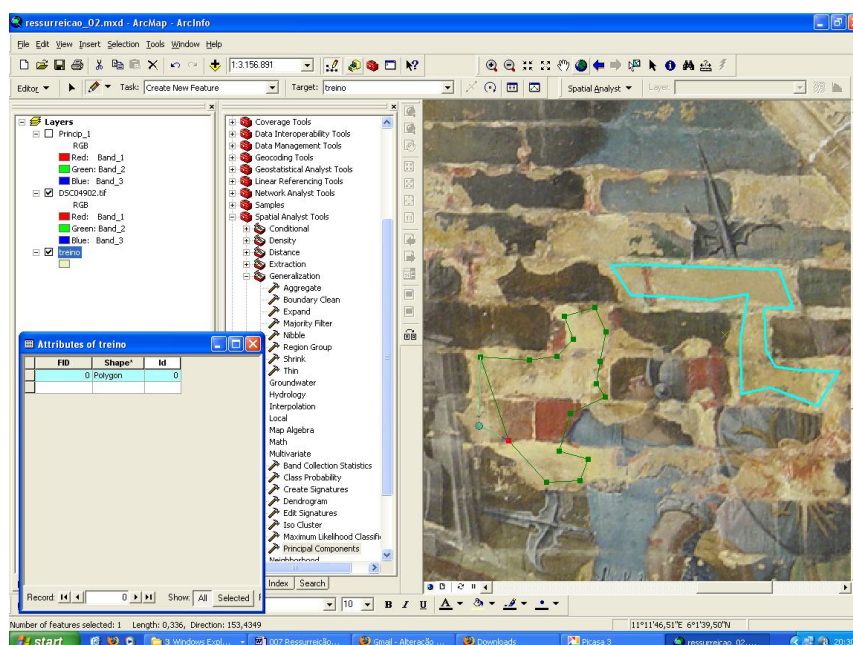
Figura 64 – Janela de diálogo com representação de amostras de treino durante o processo de edição com polígonos. Obs.: Imagem efectuada pelo autor da dissertação (vista do monitor).

Figura 65 – Redistribuição dos polígonos e respectivas classes. Obs.: Imagem do autor da dissertação.
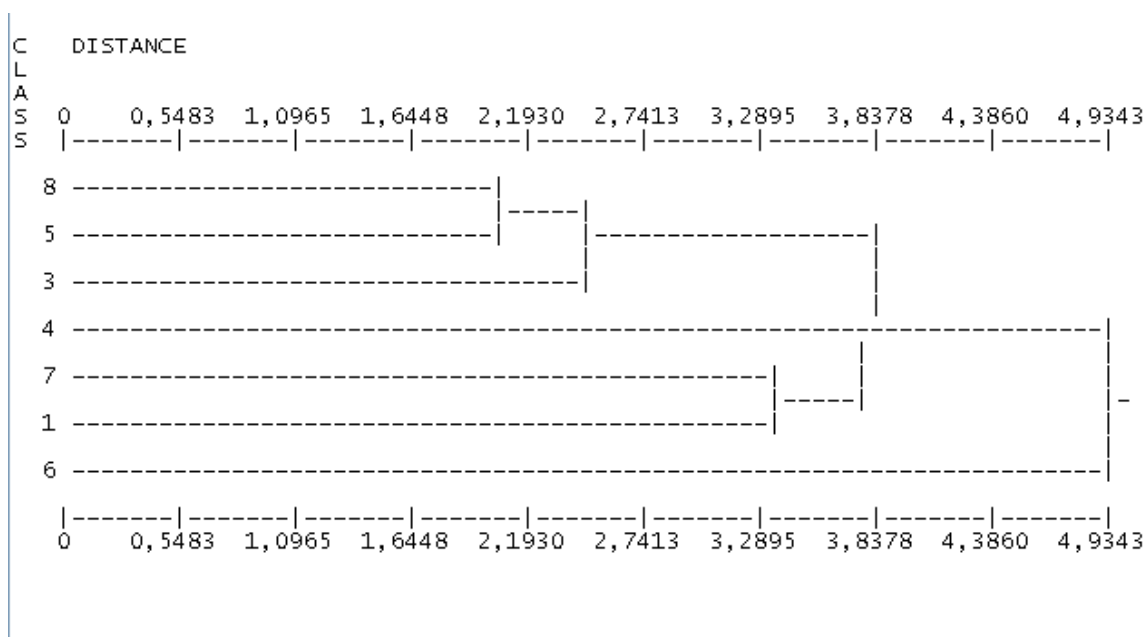
Figura 66 – Dendrograma das classes. Obs.: Ficheiro extraído pelo autor da dissertação.
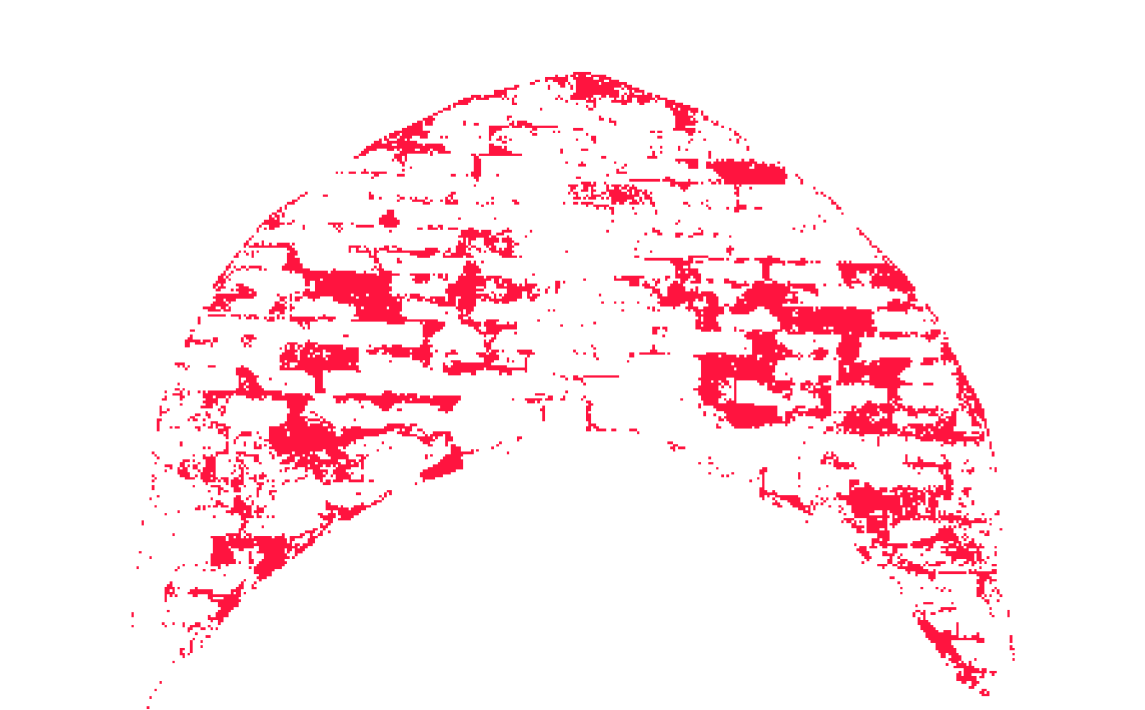
Figura 67 – Resultado da elaboração de uma máscara com indicação das lacunas com álgebra de mapas (*raster calculator*). Obs.: Imagem do autor da dissertação.

Figura 68 – Resultado do processamento e respectiva área de lacunas identificada no exercício. Obs.: Imagem do autor da dissertação.

Figura 69 – Vista do verso do painel da *Ressurreição de Lázaro* durante o processo de edição dos polígonos de treino para a classificação. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.

Figura 70 – Mapa temático da classificação de células e área de goma-laca calculada no verso da obra. Imagem de base e resultado da classificação. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.

Figura 71 – Painel de pintura sobre madeira com representação da *Cena do Calvário*. Obs.: Fotografia produzida pelo autor da dissertação. Todos os direitos reservados ao Instituto dos Museus e da Conservação (IMC).
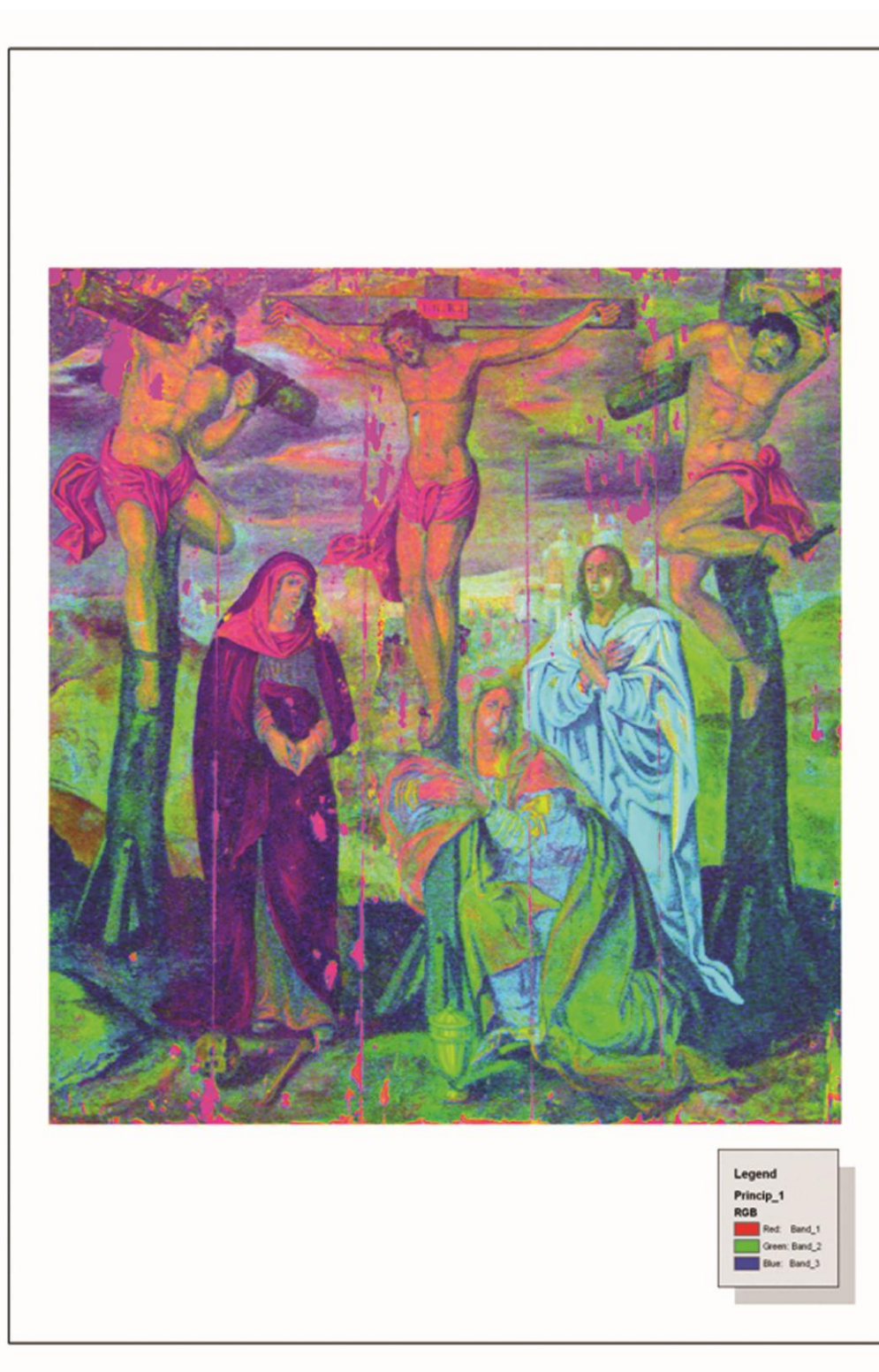
Figura 72 – Mapa temático em falsa cor que resultou da aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP). Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.

Figura 73 – Imagem do canal vermelho da análise de componentes principais, em vista de cinza. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.

Figura 74 – Mapa temático obtido pela divisão do histograma em quatro classes. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
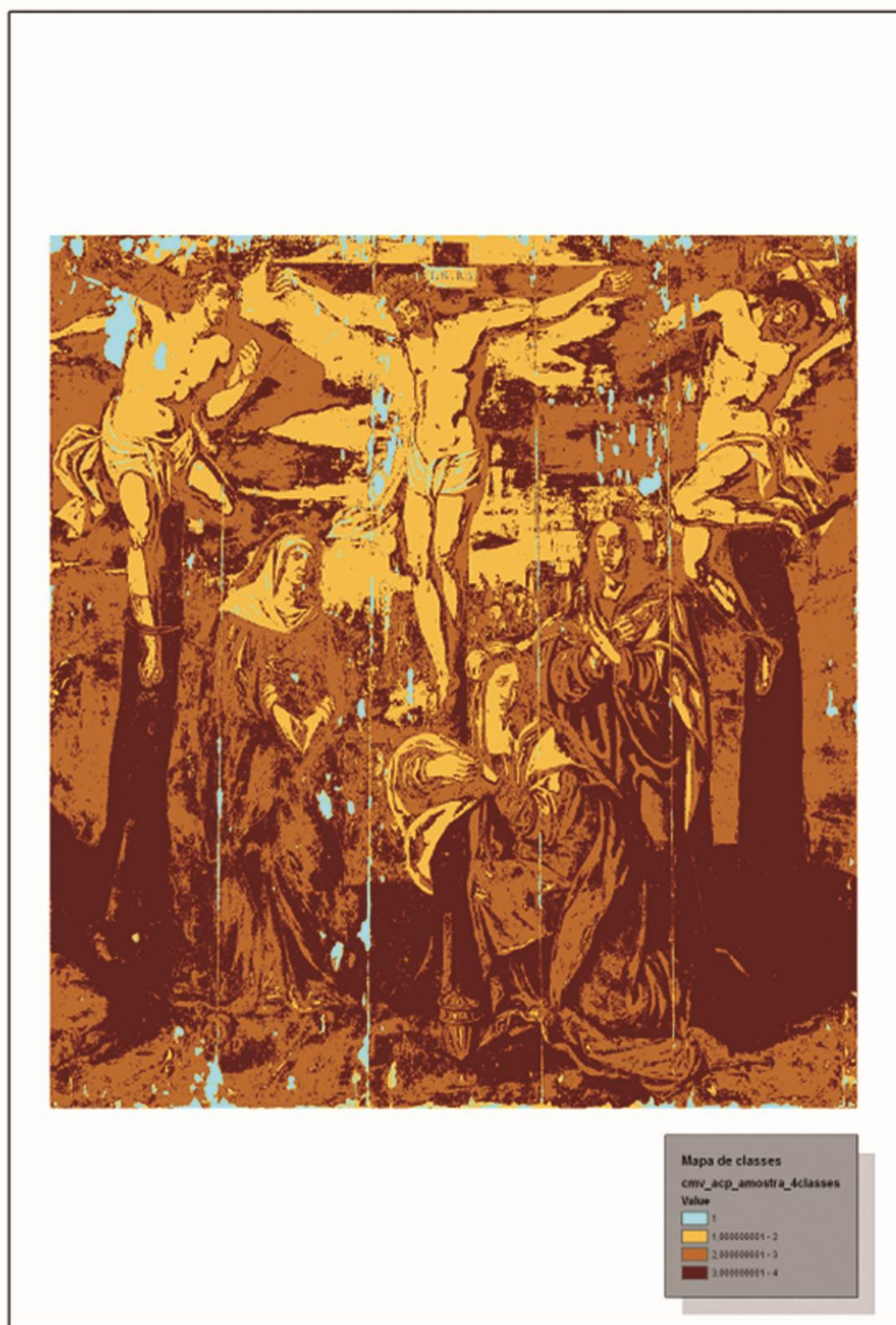
Figura 75 – Mapa temático que resultou da classificação com amostras de treino, assinatura espectral e do uso do algoritmo de máxima verosimilhança. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
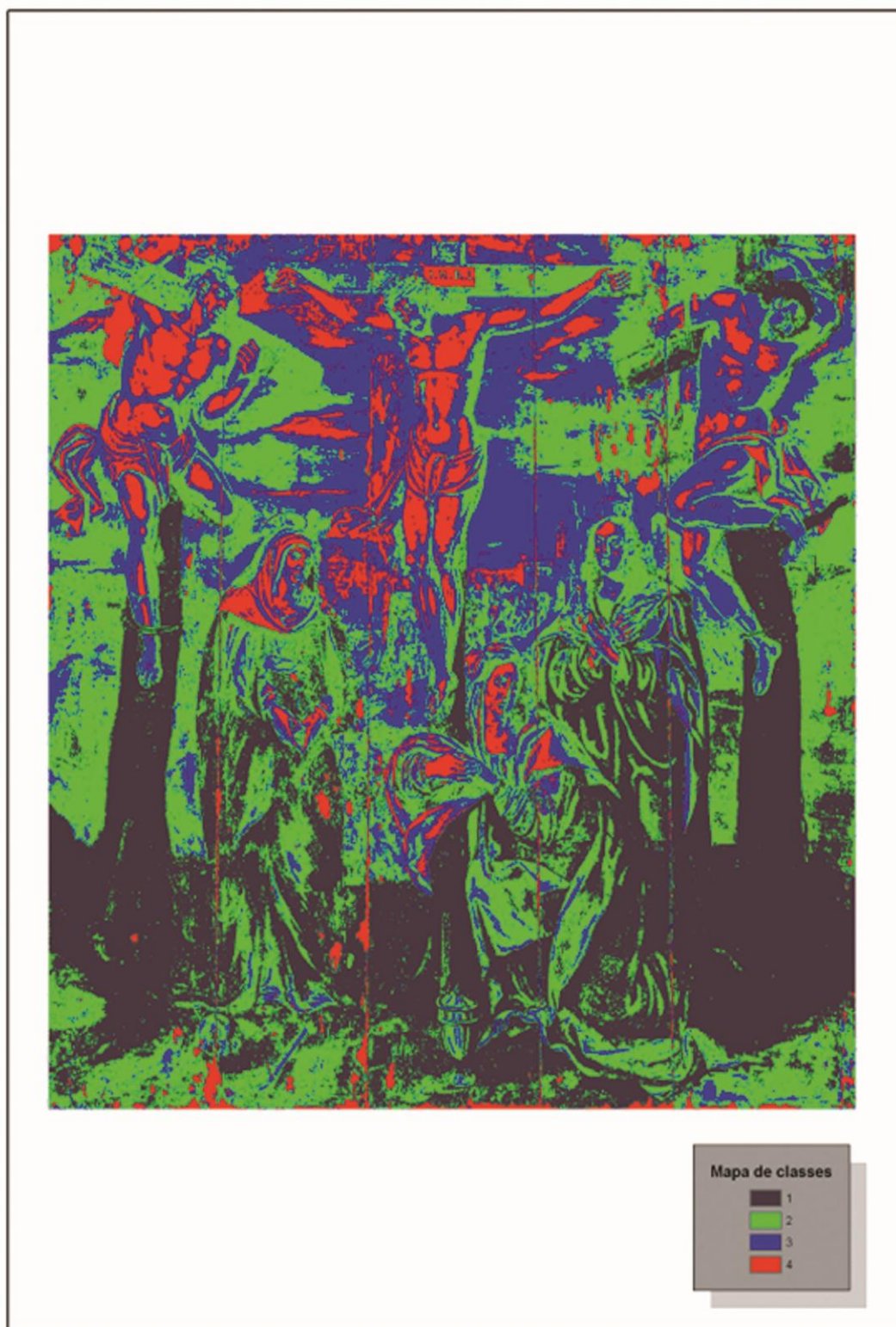
Figura 76 – Mapa temático que resultou da classificação não supervisionada com algoritmo *isocluster*. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
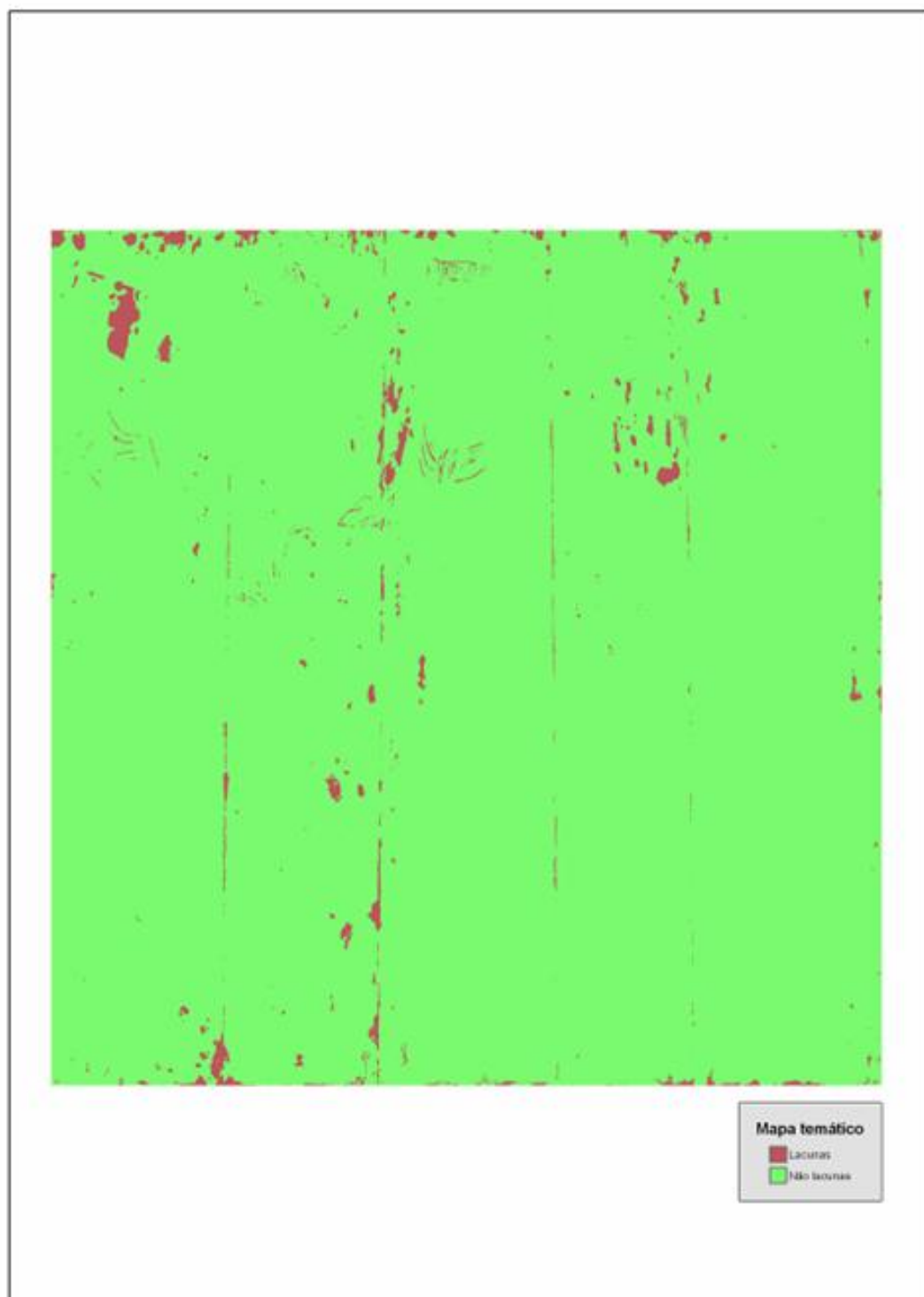
Figura 77 – Mapa temático da reclassificação da imagem proveniente da classificação supervisionada. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.
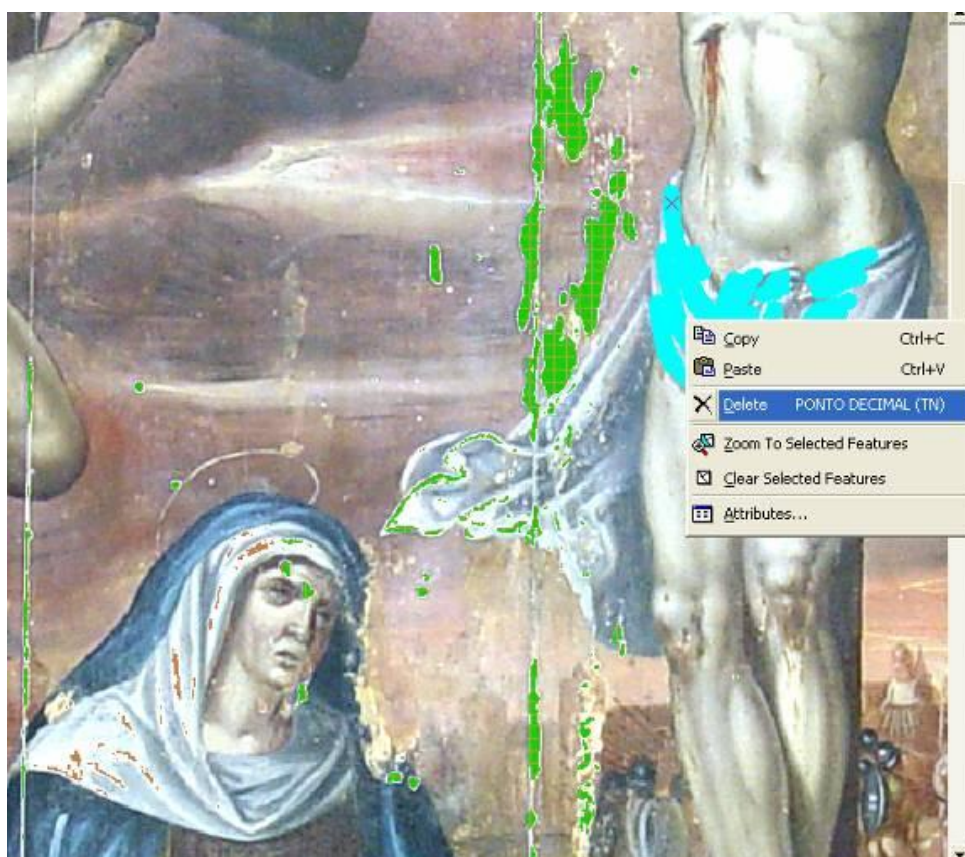
Figura 78 – Detalhe da obra e edição de pontos em sistema de representação vectorial. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.

Figura 79 – Mapa temático do painel com indicação das lacunas. Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.

Figura 80 – Ortoimagem da pintura com a representação de *São João Evangelista* (antes da limpeza química). Obs.: Imagem produzida pelo autor da dissertação.

Figura 81 – Detalhe das zonas de lacunas e repintes nas regiões de panejamento vermelho escuro (PVE) e céu (Cé). As áreas representadas foram definidas pela edição de polígonos, que posteriormente foram convertidos em modelo matricial para se produzir o mapa temático. Obs.: Imagens produzidas pelo autor da dissertação.
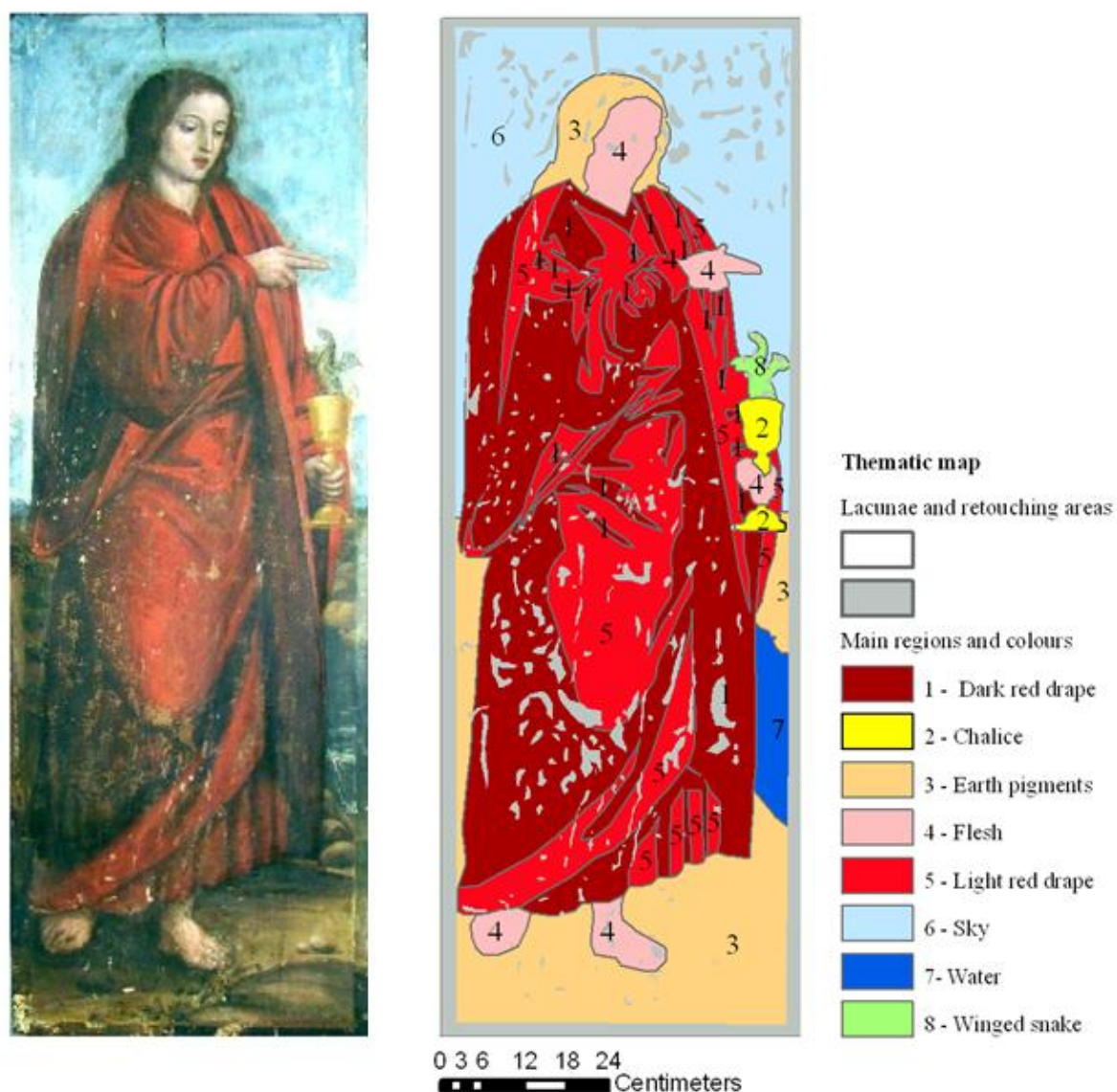
Figura 82 – Ortofotografia e mapa temático do painel de *São João Evangelista*, as suas lacunas, as áreas de reintegração cromática e os tons de cor principais. Obs.: Imagens produzidas pelo autor da dissertação.

APÊNDICE II – TEXTOS

1. *Formulário MATRIZ do Instituto dos Museus e da Conservação*

Este formulário foi compilado da obra de CAETANO, Joaquim Oliveira – *Normas de inventário. Pintura. Artes Plásticas e Artes Decorativas*. Lisboa: Instituto dos Museus e da Conservação, 2007, pp. 125-129.

A. IDENTIFICAÇÃO DA PEÇA

a) Instituição/proprietário
b) Super-categoria
c) Categoria
d) Título
e) N.º de inventário

B. IDENTIFICAÇÃO

a) Descrição [iconográfica]

C. AUTORIA

a) Nome
b) Tipo
c) Ofício
d) Sinónimos
e) Justificação/atribuição

D. PRODUÇÃO

a) Local de execução

E. MARCAS/INSCRIÇÕES

a) Legenda/inscrição

F. DATAÇÃO

a) Ano(s)
b) Séculos(s)
c) Justificação da data

G. INFORMAÇÃO TÉCNICA

a) Suporte

b) Técnica
c) Precisões sobre a técnica

H. DIMENSÕES

a) Altura (cm)
b) Largura (cm)
c) Outras dimensões

I. CONSERVAÇÃO

a) Estado
b) Data
c) Especificações

J. ORIGEM

a) Historial

K. INCORPORAÇÃO

a) Data de incorporação
b) Modo de incorporação
c) Descrição

L. LOCALIZAÇÃO

a) Localização
b) Especificações
c) Data

M. IMAGEM/SOM

a) Tipo de registo
b) Número
c) Tipo
d) Localização
e) Autor

N. EXPOSIÇÕES

a) Título
b) Local
c) Data de início

O. BIBLIOGRAFIA

a) Título
b) Autor
c) Edição

P. VALIDAÇÃO

a) Preenchido por
b) Data

2. *Glossário de Normas de Inventário do IMC*

O levantamento deste glossário foi observado em CAETANO, Joaquim Oliveira – *Normas de inventário. Pintura. Artes Plásticas e Artes Decorativas*. Lisboa: Instituto dos Museus e da Conservação, 2007, pp. 69-122

A

Academia	*Aplat*
Acrílico	Apoio de mão
Aguarela	Aresta viva
Aglutinante	Assinatura
Alla Prima	Atribuição
Alvaiade	Autentificação
Amarelo	Azul

B

Bambochata	Bolo (*Bolus*)
Banco	Branco

C

Calco ou Decalco	Cobre
Câmara clara	Cochonilha
Câmara escura	Cola
Cambiantes	Colherim
Cansar (cansado)	Contrafacção
Capricho (*Capriccio*)	Contraluz
Carregada	Contraprova

Cartão	Contraste (contrastar)
Carvalho	Cópia
Carvão	Corante
Cartela	Cores fugitivas
Cassone	Corte estratigráfico (cross section)
Castanho	*Craquelures*
Caulino	Cré
Chipolim	Crespir
Cinábrio	Crú

D

Desenho	Díptico
Desenho preparatório	Doador
Desenho subjacente	Douramento
Destacado (destacar)	Doce (ou doçura)
Destacamento	Dragoeiro
Detalhe	Duro

E

Efeito	Escorço
Efígie	Esfolado
Empaste	Espiga
Encarnação	Esquisso
Encáustica	Estalado
Empaste	Estilete

Encarnação	Estofo (estofado, estofar) Estopa
Encáustica	Estudo
Encolagem	Estrezir ou estregir (estrezido ou estregido)
Ensamblagem	

F

Falso	Fissura
Feitio	Fugir
Festão	Fundo
Firmeza	

G

Género (Géneros pictóricos)	Goma-laca
Género (Pintura de)	Gradação (*Degradé*)
Génio	Grade
Gesso	Grafite
Gessos	Greda
Glacis	Grisalha
Glória	Guache
Goma-arábica	

H

História (Pintura de)	

I

Ícone	Inscrição
Imprimadura	Isolamento

Infravermelho (fotografia de)	

J

Jalde ou jaldino	

L

Laca de carmim	Lápis-Lazúli (*stelatus lapis*)
Laca	Ligante
Lacre	Longes
Lacuna	Luneta
Lambida	

M

Massicote (ou Maquim)	Miniatura
Madeira	Modelado
Mancha	Monograma
Maneira	Mórbido
Marinha	Mordente
Matiz	Movimento
Meia-tinta	

N

Natural	Natureza-morta

O

Ocre	

P

Paisagem	Pigmento
País	Peso (Pesado)

Pala	*Pochade*
Paleta	Políptico
Pampano	*Poncif*
Panorama	Pontos (Pintura por)
Panóplia	Predela
Passagem	Preparo (preparação)
Parquetagem	Púrpura
Pastel	Purpurina
Patina	Punção
Perspectiva	

Q

Quadrattura	Querubim
Quadrícula	Quimera
Quebra, quebrar, tintas quebradas	

R

Radiografia	Relevar
Realçar	Repinte (repintado)
Rebarba	Réplica
Rebordo	Ressequida
Recursado	Retábulo
Reflectografia de infravermelhos	Retoque
Recortar	Retrato

S

Sanguínea	Sombra
Secante	Sobrecéu
Seco	Suave
Sfumato	Suporte
Sinopia	Surda

T

Tela	Terras
Têmpera	*Tondo*
Tento	*Touche*
Terebentina	Tríptico

U

Ultramarino	Ultravioleta

V

Vago	Verdigris
Valor	Vermelhão
Vaporoso	Vermelho (lápis)
Velatura (*glacis*)	Verniz
Verde	Volante (ou aba)

3. *Ficha de intervenção do Opificio delle Pietre Dure de Florença*

A seguinte ficha de intervenção foi extraída de MAZZA, Miriam Fileti; RASARIO, Giovanna; VACCARI, Maria Grazia – Organizzazione informatica della scheda di restauro. *OPD Restauro*, n.º 2 (1990), pp. 49-66.

1. Dados administrativos

    a) Redactor da ficha e data
    b) Fonte utilizada (preencher em caso de haver outras fichas de referência)
    c) Número de inventário e/ou n.º intervenção
    d) Conservadores-restauradores e/ou operadores
    e) Data de entrada da obra
    f) Laboratório de CR (laboratório de pintura, escultura, pintura mural, entre outros)
    g) Data de devolução da obra
    h) Data de início da intervenção de CR
    i) Data final da intervenção de CR
    j) Dados administrativos
    k) Coordenador dos trabalhos de intervenção de CR

1) Dados de identificação da obra

    a) Número de inventário
    b) Condição jurídica
    c) Proveniência
    d) Localização antes da intervenção de CR
    e) Localização depois da intervenção de CR
    f) Categoria do objecto
    g) Objecto

h) Autor
i) Época
j) Assunto representado
k) Materiais e técnica
l) Dimensões
m) Suporte
n) Elementos acessórios

2) Dados do meio ambiente

a) Local de exposição
b) Características da colocação
c) Descrição
d) Alterações
e) Causas de degradação
f) Proposta de intervenção
g) Intervenção

3) Dados da peça

a) História das intervenções de CR precedentes
b) Técnica construtiva
c) Estado de conservação e alterações
d) Causas de degradação
e) Proposta de intervenção
f) Intervenção
g) Considerações técnicas e metodológicas
h) Manutenção

4) Dados provenientes de outras fontes de documentação

a) Análises precedentes à intervenção de CR

b) Análises durante a intervenção de CR
c) Análises depois da intervenção de CR
d) Fotografias precedentes à intervenção de CR
e) Fotografias efectuadas durante a intervenção de CR
f) Fotografias de depois da intervenção de CR
g) Diapositivos
h) Material gráfico
i) Bibliografia

4. Glossário de termos apresentados no Programa NARCISSE

O glossário pode ser visto em COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES - *NARCISSE. Network of Art Research Computer Image Systems in Europe. Sistema documental de pintura e iluminura*. Lisboa: Arquivos Nacionais / Torre do Tombo, 1993.

A

Aglomerado	Anomalia de crescimento da madeira
Aguarela	Assinatura do caderno
Alteração cromática da camada pictórica	Ataque microbiológico Aumento de transparência
Alteração da Prata	

B

Banda	Borboleta
Banda de tensão	Brocado aplicado
Bolha de ar na reentelagem	

C

Caixilho de suporte	Cavilha
Calco	Cedência
Camada colorida ou de protecção do reverso	Cercadura
Camada de acabamento	Cerne
Camada opaca sobre a folha metálica	Cinzelagem

Camada pictórica	Cinzelagem em ondulado
Camada pictórica com sub-camada	Composição sobreposta Contraplacado
Camada translúcida sobre folha metálica	Contraprova
Campeado	Cópia
Carimbo	Corte tangencial da madeira
Cartão	Corte tangencial da madeira
Cártula	Couro

D

Deformação da tela	Desenho subjacente de contorno
Desenho subjacente	Desenho subjacente por recurso a uma substância fluida
Desenho subjacente de estresido	Desunião das pranchas

E

Entretelagem	Estampagem ou gravação a punção
Esquema	Estresido
Esquisso	Estrutura pavimentada
Estalado	Estudo
Estalado prematuro	Extensão do material incluído

F

Faixa	Fixação metálica
Falta de aderência generalizada	Folha metálica a têmpera
Falso	Folha de ouro ao mordente
Fenda Figurado	Fresco Frisado

Filigranado	

G

Grade	Granitado
Grade de moldura	Guache
Grade de manutenção	

H

Historiado

I

Impressão	Inicial fendida filigranada
Inicial	Inicial fitomórfica
Inicial alargada	Inicial zoomórfica
Inicial antropomórfica	Incrustação no suporte
Inicial a traços entrecruzados	Incrustações de tela pintada
Inicial de cor	Inscrição subjacente
Inicial em fita	Intercolúnio
Inicial em fita a tinta	

J

Janela de limpeza

L

Lacuna	Ligação de pranchas por encaixe
Letra em dávida	Ligação em madeira
Levantamento local Ligação de pranchas com juntas vivas	Ligação metálica

M

Madeira conífera	Marcas ou desenho no reverso
Madeira folhosa local	Margem
Mancha	Material incluído
Marca de espátula	*Mecca*
Marca da ferramenta sobre o suporte	Migração de tinta
Marca da grade	Miniatura
Marca da grade na camada pictórica	Modificação do formato
Marca de um suporte anterior sobre a camada pictórica	Mudança da camada pictórica
Marca do cabo do pincel	Mudança de composição
Marca do dedo ou da palma da mão	Mudança do desenho subjacente
Marca do pincel	

O

Obra em quadrícula	Orifício
Obra incisa para transposição	Ornado
Obra para transposição Ondulação	

P

Panos cosidos	Pintura a óleo e a cera
Pano horizontal Pano	Pintura a óleo e a essência do petróleo Pintura a óleo e resinas
Papel decalque vertical	Pintura encáustica
Papel filigranado	Plena pasta
Papel fino e transparente	Pó metálico

Papel meia-tinta	Pontilhismo
Papel oleado	Portulano
Parquetagem	Prancha com nó
Pastiche	Prancha horizontal
Pergaminho	Prancha vertical
Pincelada justaposta	Pregueado
Pintura e aglutinante sintético	Preparação
Pintura a cal	Preparação branca
Pintura a cera	Preparação com decoração em relevo
Pintura a cera a frio	Preparação corada
Pintura a emulsão	Preparação sobre todo o suporte
Pintura a goma	Protecção das juntas pelo reverso
Pintura a óleo	

Q

Quadrícula	Queimadura pelo ácido
Queimado	Queimadura pelo fogo

R

Rasgão	Réplica
Rebarba Reclamo	Reservado Retoque a *tratteggio*
Refixagem	Retoque ilusionista
Reintegração da camada pictórica	Retoque por meio de velatura
Remate de linha	Retoque por meio de tom neutro
Repetição	Rolo

Repinte	

T

Tafetá	Têmpera a ovo
Tecelagem	Terra verde a sobcarnação
Tecelagem em sarjado	Transposição
Tecelagem em tafetá	Travessa
Técnica mista	Travessa fixa
Tela fixa à grade	Travessa móvel
Têmpera a cola	Tüchlein

V

Velatura	Verniz tornado opaco
Vestígios da estrutura de suporte ou de manutenção	Verniz tingido
Verniz	*Volumen*
Verniz amarelecido	

TÉCNICAS DE EXAME

Auto-radiografia por emissão
Betagrafia
Cortes estratigráficos Estratiradiografia
Fotografia em luz directa
Fotomacrografia
Fotografia em luz rasante Fotografia em ligeira luz rasante
Fotografia em fluorescência ultravioleta

Fotografia no infravermelho
Reflectografia infravermelho
Radiografia

5. Lista de campos do formulário do programa NARCISSE

A. FICHEIRO DA OBRA

a) Nome da instituição detentora
b) Nome da instituição proprietária
c) Número de inventário ou de referência
d) Categoria
e) Denominação
f) Designação
g) Especificações da obra
h) Título
i) Especificações do título
j) Análise iconográfica
k) Estádio de criação
l) Comentário sobre o estádio de criação
m) Material de suporte
n) Técnica
o) Especificações da técnica
p) Altura
q) Largura
r) Diâmetro
s) Apresentação e forma
t) Nome do autor
u) Referências de ligação ao nome do autor
v) Escola ou local de produção
w) Outras atribuições
x) Tipo de inscrição ou de marcas – Emblemática
y) Descrição ou transcrição
z) Data de início da obra
aa) Data da conclusão da obra
bb) Comentário sobre a datação
cc) Aquisição
dd) Data de aquisição
ee) Último proprietário
ff) Proveniência de origem e/ou nota histórica sobre a encomenda
gg) País
hh) Localidade

B. FICHEIRO ESTADO DA OBRA

a) Número de identificação da obra
b) Data das observações
c) Autor das observações

d) Bibliografia e relatórios técnicos

e) Elementos constitutivos originais

- Elementos constitutivos originais, suporte, caixilho
- Comentário
- Elementos constitutivos originais, preparação, desenho, camada pictórica, verniz
- Comentário

f) Alterações

- Alteração do suporte
- Comentário
- Alterações da camada pictórica e do verniz
- Comentário

g) Intervenções

- Intervenção no suporte
- Comentário
- Intervenção na camada pictórica e no verniz
- Comentário

C. FICHEIRO FILME

- Relatório de reprodução do filme
- Observações feitas sobre o cliché

6. Formulário de documentação de Nicolaus Knut

O seguinte modelo de formulário está em KNUT, Nicolaus – *Manual de restauración de cuadros*. Koln: Konemann, 1998, pp. 376-379.

1.Suporte

Esquemas de construção e medidas de detalhe

1.1. Suporte de madeira
1.1.1.Tipo de madeira
1.1.2.Número de peças
1.1.3.Espessura
1.1.4.Corte das tábuas
1.1.5.Asssemblagens
1.1.6.Evidências das ferramentas de desengrosso ou desbaste
1.1.7.Formato do bordo das tábuas
1.1.8.Evidências de sistema de sustentação
1.1.9.Marcas
1.1.10.Inscrições no verso
1.1.11.Tratamentos de preparação das tábuas
1.1.12.Protecção original do verso
1.2.Tela
1.2.1.Tipo de tela
1.2.2.Fibra
1.2.3.Tecelagem (tafetá u sarja)
1.2.4.Torção (Z ou S)
1.2.5.Grossura do fio
1.2.6.Fios de teia e trama por cm^2
1.2.7. Sentido da teia e trama
1.2.8. Bordo da tela
1.2.9. Costura original
1.2.10. Inscrições no verso
1.2.11. Grade de sustentação
1.2.12 Protecção original do verso
1.3. Cartão prensado
1.4. Suporte metálico
1.4.1. Técnica de produção da folha
1.4.2. Marcas
1.4.3. Revestimento no verso
1.5. Pedra
1.5.1. Tipo de pedra

2. Camada de imprimatura
2.1. Impregnação (cola ou óleo)
2.2. Carga
2.3. Aglutinante
2.4. Forma de aplicação
2.5. Materiais de carga adicionados
2.6. Ornamentos
2.7. Evidências de gravado
2.8. Marcas de pontas do compasso
2.9. Sobre relevos de imprimação
3. Assinatura
3.1. Riscada
3.2. Instrumento usado na assinatura
3.3. Calco
4. Suporte de metal
4.1. Polimento
4.2. Metal
4.3. Técnica
5. Ornamentos, decorações, imitações têxteis
5.1. Troquelados
5.2. Traçados
5.3. Revestimentos de cor
5.4. Motivos pintados
5.5. Técnicas de esgrafitado
5.6. Brocados de molde
6. Imprimatura
6.1. Cor
6.2. Aglutinante
6.3. Técnica de aplicação
7. Pintura
7.1. Aplicação da cor (lisa, empastada, etc.)
7.2. Estrutura das camadas
7.3. Técnica de aplicação (pincel, espátula, dedos, etc.)
7.4. Arrependimentos (*pentimenti*)
7.5. Localização da assinatura
8. Camada de acabamento
8.1. Acabamento de superfície (sem verniz, baço, brilhante)
8.2. Materiais utilizados na camada de acabamento
8.3. Forma de aplicação
9. Moldura
9.1. Construção
9.2. Decoração e camada de acabamento

7. *Ficha formulário de pintura sobre tela*

le constat d'état 119
ANNEXES

CONSTAT D'ETAT
Peinture sur toile

DESCRIPTION N° de dossier: Examiné le:

Auteur:..
Titre:..
Propriétaire:..
Référence:..
Dimensions:..
Epoque:..
Signée:..
Cadre:..
Nature de la couche picturale:..
Nature du support:..

CONSTITUTION DE LA PEINTURE

COUCHE PICTURALE

Préparation	Sans □	Blanche □	Colorée □	Maigre □
	Grasse □	Argileuse □	Fine □	Epaisse □
Couche peinte				
	Fine □	Demi-pâte □	Pâte □	Empâtement □
	Jutage □	Glacis □	Réserve toile □	Réserves préparation □
Vernis	Sans □	Avec □	Inégale □	
Couche:	Fine □	Moyenne. □	Epaisse □	
Etat de surface:	Mat □	Brillant □	Inégal □	

TRANCHES

	Invisibles □	Bordage □	Autre □	
semence:	D'origine □	Ajoutées □	Manque □	Agrafes □
Présence de:	Plusieurs toiles □	Une toile abimée □		

COTÉ REVERS

Châssis	Sans □	Avec □	D'origine □	A clés □
	Chanfreiné □	Renforts d'angle □		
Traverses:	Verticale □	Horizontale □	En croix □	Double croix □
Assemblage des montants:		Tenon mortaise □	Mi-bois □	Enfourchement simple □
Assemblage traverses:		Queue d'aronde □	Mi-bois □	tenon mortaise □
Assemblage traverse montant		Queue d'aronde □	Mi-bois □	tenon mortaise □
	Châssis infesté □	Châssis vermoulu □	Châssis cassé □	
	Bon état □	Mauvais état □		
Toile				
Nature des fibres:	Lin □	Chanvre □	Jute □	Synthétique □
Armure:	Toile □	Sergé □	Satin □	Autres □
Tissage:	Artisanal □	Mécanique □		
Type tissage:	Lâche □	Moyen □	Serré □	
Anciens traitements	Rentoilé cire □	Rentoilé colle □	Doublage □	Marouflé □
Doublage aveugle	□	Transposition □	Pièce □	Autres □
Contexture	Nombre de fils/cm; sens horizontal:...... , sens vertical:........			
Dimensions:	Originales □	Réduites □		
Agrandissements	d'origine □	postérieures □	Autres □	
Divers:	Coutures □	Inscriptions □	Etiquettes □	Noeuds de toile □

Figura 83 – Ficha formulário em modelo americano (Imagem extraída de BERGEAUD, Clare; [*et al.*] – *La dégradation despeitures sur toile – Methode d´examen des alterations*. Argenton-sur-Creuse: Imprimerie de L´Indre, 1997, pág.119).

120 | le constat d'état

ANNEXES

ALTERATIONS

Peinture et préparation

Altérations de la cohésion

Craquelures prématurées:
- Rides ☐ Gerçures ☐ Crevasses ☐ Peau de crocodile ☐
- Fermées ☐

Réseau de craquelures d'âge
- Limité à une zone ☐ Circulaires ☐ Diagonales ☐ Marques du châssis☐
- En échelle ☐ Horiz/Vert. ☐ En escargot ☐ En feston ☐
- Faïençage ☐ Struct. pavimenteuse☐

Divers
- Fissuration de matière ☐ Crevasses de colle ☐
- Formation de cuvettes ☐ Pulvérulence/Farinage☐ Dédoublage/Délitage☐

Altérations de l'adhésion

Clivage
- Epidermage ☐ Déplacage ☐ Cloques ☐ Transposition ☐

Altérations cohésive et adhésive

Ecaillage
- Soulèvements en toit ☐ Ecailles en tuile ☐ Chevaumt d'écailles☐ Lacunes ☐
- Lacune en arête de poisson ☐ Brûlures ☐

Altérations du relief.
- Ecrasement matière ☐ Déplacement d'écailles☐ Nodules de colle☐ Impression de texture☐

Altérations optiques
- Chanci ☐ Usures ☐ Grifures ☐ Repeints débordants ☐
- Mastics débordants ☐ Coulure vernis ☐

Support

Affaiblissement
- Toile cuite ☐ Moisissures ☐ Encrassage ☐

Rupture
- Trous d'envol ☐ Toile déclouée ☐ Lacunes ☐ Percement ☐
- Déchirures simples ☐ Déchirures complexes☐ Coupures ☐ Lacération ☐
- Accrocs ☐ Eraflure ☐ Coutures ☐

Déformations
- Poche de fluage ☐ Drapeau ☐ Plis d'angle ☐ Effet de vagues ☐
- Plis ☐ Retrait de la toile ☐ Enfoncements ☐ Déformations localisées☐

Modifications de l'état original
- Agrandissement format ☐ Réduction format ☐
- Bordage ☐ Clouage par la face ☐ Bandes de tension ☐
- Cloques et décollement ☐ Enduit ou badigeon ☐ Toile imprégnée ☐
- Auréoles ☐ Coulures ☐

Figura 84 – Ficha formulário em modelo americano (Imagem extraída de BERGEAUD, Clare; [*et al.*] – *La dégradation despeitures sur toile – Methode d´examen des alterations*. Argenton-sur-Creuse: Imprimerie de L´Indre, 1997, pág. 120).

8. Formulário da análise do estado de conservação de Nicolaus Knut

O seguinte formulário está em KNUT, Nicolaus – *Manual de restauración de cuadros*. Koln: Konemann, 1998, pp. 376-379.

1. Suporte
   - 1.1. Madeira
     - 1.1.1. Tamanho original
     - 1.1.2. Ataques de parasitas
     - 1.1.3. Empenamentos
     - 1.1.4. Deformação da parquetagem
     - 1.1.5. Enrrugamento da pintura
     - 1.1.6. Fendas, dissuras
     - 1.1.7. Reparações anteriores
     - 1.1.8. Sistema de reforço das juntas
     - 1.1.9. Desengrossos
     - 1.1.10. Parquetagens
     - 1.1.11. Traslado
     - 1.1.12. Protecção do verso
   - 1.2. Tecido
     - 1.2.1. Tamanho original
     - 1.2.2. Superfície
     - 1.2.3. Inscrições no verso
     - 1.2.4. Bordo
     - 1.2.5. Oxidação das fibras
     - 1.2.6. Manchas de sujidade
     - 1.2.7. Impregnação
     - 1.2.8. Perfurações
     - 1.2.9. Medidas alternativas à entretelagem
     - 1.2.10. Entretelagem
     - 1.2.11. Adesivo de entretelagem
     - 1.2.12. Microrganismos
     - 1.2.13. Grade
     - 1.2.14. Protecção do verso
   - 1.3. Folha metálica
     - 1.3.1. Tamanho original
     - 1.3.2. Abaulamento
     - 1.3.3. Dobras e vincos
     - 1.3.4. Construção estabilizadora

- 1.3.5. Corrosão
- 1.4. Imprimatura
  - 1.4.1. Coesão
  - 1.4.2. Descoloração
  - 1.4.3. Destacamento
  - 1.4.4. Levantamento
  - 1.4.5. Levantamento em concha
- 1.5. Assinatura
  - 1.5.1. Tipologia de grafismo
- 1.6. Aplicações metálicas
  - 1.6.1. Levantamentos em concha
  - 1.6.2. Danos
  - 1.6.3. Descolorações
  - 1.6.4. Adições de material
  - 1.6.5. Tratamentos de superfície
  - 1.6.6. Polimento
- 1.7. Ornamentos, decorações, imitações têxteis
  - 1.7.1. Levantamentos em concha
  - 1.7.2. Danos
- 1.8. Imprimitura
- 1.9. Camada pictórica
  - 1.9.1. Descoloração
  - 1.9.2. Estrutura superficial
  - 1.9.3. Coesão
  - 1.9.4. Adesão
  - 1.9.5. Queimaduras
  - 1.9.6. Formação de “bandejas”
  - 1.9.7. Estalado
  - 1.9.8. Rede de fissuras
  - 1.9.9. Danos por acção mecânica
  - *1.9.10. Hundimientos*
  - 1.9.11. Levantamentos em concha
  - 1.9.12. Aplicações de massas sobre a camada cromática
  - 1.9.13. Retoques
  - 1.9.14. Repinturas
- 1.10. Acabamento superficial
  - 1.10.1. Camada de acabamento
  - 1.10.2. Aplicação
  - 1.10.3. Descoloração
  - 1.10.4. Sujidade superficial
- 1.11. Moldura
  - 1.11.1. Construção
  - 1.11.2. Tamanho original
  - 1.11.3. Ataque de parasitas
  - 1.11.4. Deformações
  - *1.11.5. Inglete*
- 1.12. Disposición

1.12.1. Aplicações metálicas
1.12.2. Disposição da cor
1.12.3. Estalado
1.12.4. Danos por acção mecânica
1.12.5. Aplicações de massas
1.12.6. Retoques
1.12.7. Nova versão

9. *Exemplo de quatro com ordenamento hierárquico do tipo taxonómico*

Family	Species	Class and Sub-class		Subject
Execution technique	Constituent materials			
	Method of execution	Working of preparatory layers (intonaco)		Pontata Superimposition of layers Working marks on the intonaco
		Transfer of drawing		Direct incision on dry intonaco Preparatory drawing (brush or graphite)
		Pictorial layers		Pentimento
Current condition	Conservation condition	Preparatory layers	*Stability*	Cracks or fissures Lack of cohesion Lack of adhesion Lack of adhesion of the surface layers Deformation *(bulging)*
			Losses	Surface layer lacuna
				Abrasion
				Scratch *(human damage)*
		Paint layers	*Stability*	Lack of cohesion of the pictorial film Lack of adhesion of the pictorial film
			Losses	Abrasion Paint layer lacuna Area of microlacunae
				Scratch *(human damage)*
			Alterations	Chromatic alteration of pictorial film
			Surface deposits	White deposits Animal excrement Insect nests
	Past treatments	Preparatory layers	*Consolidation*	Injection hole Clamps or nails
			Reintegration of lacunae	Fill at same level
		Paint layers	*Restoration materials superimposed on original*	Fixative
Restoration				
Diagnosis	Sampling			Chemical Biological
	Point of investigation			Chemical
				Physical
				Photographic

Table 1. - Subjects used

Figura 85 – Exemplo de sistema de registo taxonómico (Imagem extraída de GIOVAGNOLI Annamaria; [*et al.*] – The mural paintings of the Ajanta caves, part I: Documentation on execution techniques and conservation condition. *In 9th International Conference on NDT of Art, Jerusalem Israel, 25-30 May 2008. In http://www.ndt.net/article/art2008/papers/058Capanna.pdf* (Consulta a 24 de Junho de 2010).

10. Listagem de parâmetros de documentação anunciados por Chris Caple

Os parâmetros estão indicados em CAPLE, Chris – *Conservation Skils – Judgement, Method and Decision Making*. Londres, Nova York: Routledge, 2000, pp.70-74.

1. Nome da instituição proprietária;
2. Número de inventariação do objecto;
3. Número de entrada em laboratório;
4. Curador responsável pelo objecto;
5. Localização da peça no museu;
6. Informações de referência (registos fotográficos associados, radiografias, referências bibliográficas publicadas, no caso de serem objectos arqueológicos, documentar pormenores sobre as escavações de origem da peça, informação sobre análises);
7. Esquemas gráficos da obra;
8. Fotografias:
9. Outras formas de registo (radiografias, reflectografias, tomografias axiais computadorizadas, varrimentos laser, entre outras);
10. Nome do objecto;
11. Indicações de proveniência;
12. Dimensões;
13. Materiais constituintes;
14. Descrição detalhada;
15. Estado de conservação;
16. Indicações sobre tratamentos de Conservação;
17. Armazenamento e recomendações.

11. Relatório de Conservação para pinturas sobre tela apresentado por Ana Calvo

Sobre o seguinte modelo de relatório ver em CALVO, Ana – *Conservación y Restauración de Pintura sobre Lienzo*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2002, pp. 57-78.

1. Dados da obra
    1.1. Número de registo
    1.2. Título
    1.3. Autor/atribuição e época
    1.4. Técnica
    1.5. Dimensões
    1.6. Procedência e localização
    1.7. Proprietário
    1.8. Conservadores-restauradores, colaboradores e pessoas que intervieram no trabalho
2. Descrição da obra (materiais e técnicas, com detalhes construtivos e desenhos ilustrativos de assemblagens, molduras, cortes estratigráficos, etc.)
    2.1. Moldura
    2.2. Suporte estrutural (grade, painel de madeira)
    2.3. Tela
    2.4. Preparo e camada de imprimatura
    2.5. Camada pictórica
    2.6. Camada de revestimento (vernizes e outros)
    2.7. Intervenções anteriores
3. Estudo histórico-artístico (estilo, autor, iconografia, vicissitudes históricas da obra, etc.)
    3.1. Autor/atribuição, escola, época
    3.2. Estilo
    3.3. Iconografia
    3.4. Vicissitudes históricas da obra
    3.5. Bibliografia
4. Estudo físico, químico, biológico
    4.1. Testes de determinação dos materiais (solubilidades, reactividade, coloração)
    4.2. Análises de identificação dos produtos de alteração
    4.3. Mapeamento de amostras com localização em fotografia ou registo gráfico
    4.4. Exames de laboratório realizados
    4.5. Exames de luz ultravioleta, fotografia ou reflectografia de infravermelho, radiografias
    4.6. Resultados e conclusões das análises efectuadas
5. Estado de conservação (descrição da situação actual e do estado das intervenções anteriores)
    5.1. Moldura

5.2. Suporte estrutural (grade, painel de madeira, etc.)
    5.3. Tela
    5.4. Preparação e camada de imprimatura
    5.5. Camada pictórica
    5.6. Camada de revestimento
6. Proposta de tratamento (critérios e metodologia)
    6.1. Proposta geral justificada
    6.2. Fases de tratamento propostas
    6.3. Materiais de intervenção propostos
7. Tratamento realizado
    7.1. Critérios de intervenção detalhados
    7.2. Descrição de todas as fases das operações realizadas
    7.3. Detalhe de todos os materiais e produtos utilizados, concentrações e proporções
    7.4. Condições de trabalho
8. Recomendações de conservação preventiva
    8.1. Condições gerais recomendadas segundo o tipo de obra
    8.2. Recomendações ambientais (climatéricas, iluminação)
    8.3. Recomendações de montagem e segurança
    8.4. Manutenção e revisões propostas
9. Observações
10. Bibliografia

12. DecretoLei 140/2009

Diário da República, 1.ª série — N.º 113 — 15 de Junho de 2009 3653

Decreto-Lei n.º 140/2009

de 15 de Junho

A Lei n.º 107/2001, de 8 de Setembro, que estabeleceu as bases da política e do regime de protecção e valorização do património cultural, introduz um mecanismo de controlo prévio e de responsabilização em relação a todas as obras ou intervenções no património cultural.

O desenvolvimento do regime jurídico relativo aos estudos, projectos, obras ou intervenções em bens culturais classificados, ou em vias de classificação, pressupõe necessariamente a existência de um relatório prévio, elaborado por técnicos legalmente qualificados, em relação às obras ou intervenções, bem como o acompanhamento destas pela administração do património cultural competente e ainda a entrega de um relatório final.

As imposições normativas decorrentes dos artigos 45.º e 59.º da referida lei são objecto de concretização no presente diploma, com respeito pelas particularidades próprias da natureza dos bens. Assim, complementam-se as regras já existentes para os bens imóveis e cria-se um procedimento para os bens móveis protegidos.

Diário da República, 1.ª série — N.º 113 — 15 de Junho de 2009 **3659**

Artigo 34.º

Obras ou intervenções urgentes

1 — A administração do património cultural competente, por iniciativa própria ou mediante requerimento fundamentado de qualquer interessado, pode excepcionalmente dispensar o relatório prévio e proceder a vistoria prévia quando as obras ou intervenções revelem carácter urgente em função do risco de destruição, perda ou deterioração iminente do bem cultural.

2 — O auto de vistoria, referido no número anterior, substitui o relatório prévio.

Artigo 35.º

Trabalhos arqueológicos

As obras ou intervenções em bens culturais que revistam a natureza de trabalhos arqueológicos observam as regras previstas em legislação própria.

Artigo 36.º

Informação

Os serviços competentes do Ministério da Cultura publicam anualmente, na respectiva página electrónica, os dados estatísticos referentes às obras ou intervenções realizadas ao abrigo do presente decreto-lei.

Artigo 37.º

Confidencialidade

1 — A divulgação pública de dados referentes aos bens culturais objecto de obras ou intervenções no âmbito do presente decreto-lei deve ser restringida, por iniciativa da administração do património cultural competente ou a pedido do proprietário, possuidor ou detentor de outros direitos reais, quando da mesma resulte perigo para a segurança daqueles bens.

2 — A restrição de divulgação pública de dados referida no número anterior pode também ser requerida pelos respectivos proprietários, possuidores ou detentores de outros direitos reais com fundamento na incompatibilidade, no caso concreto, com direitos, liberdades e garantias pessoais, ou com outro motivo atendível devidamente fundamentado, nomeadamente respeitante a dados abrangidos por segredo comercial ou industrial, propriedade artística ou científica ou sujeitos a outras regras de confidencialidade, nos termos do Código do Procedimento Administrativo, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 442/91, de 15 de Novembro.

Artigo 38.º

Procedimento informatizado

1 — A instrução dos pedidos referentes a obras ou intervenções em bens culturais móveis ou imóveis é realizado por via electrónica através da página electrónica dos serviços competentes do Ministério da Cultura, sem prejuízo do previsto no artigo 8.º-A do regime jurídico da urbanização e edificação.

2 — A página electrónica deve disponibilizar um manual de procedimentos relativo à instrução de pedidos para obras ou intervenções.

3 — Até à entrada em funcionamento do procedimento informatizado previsto neste artigo, os pedidos de autorização são apresentados, por escrito, junto dos serviços competentes do Ministério da Cultura.

Artigo 39.º

Contratualização

1 — A administração do património cultural competente pode recorrer à contratação de entidades especializadas quando tal se revele estritamente necessário para o cumprimento das obrigações relativas à apreciação dos estudos, projectos e relatórios, ou para o acompanhamento ou realização das obras ou intervenções em bens culturais.

2 — Sem prejuízo do disposto nos artigos 44.º a 51.º do Código do Procedimento Administrativo, é vedada a contratação de entidades especializadas, públicas ou privadas, que suscitem conflitos de interesses na apreciação dos estudos, projectos e relatórios ou no acompanhamento ou realização das obras ou intervenções em bens culturais.

Artigo 40.º

Cooperação científica e com o ensino

1 — A administração do património cultural competente estabelece formas de cooperação com entidades vocacionadas para o ensino e a investigação, designadamente estabelecimentos de investigação e de ensino superior no âmbito da salvaguarda dos bens culturais.

2 — A administração do património cultural competente deve facultar aos estabelecimentos de ensino que ministrem cursos nas áreas da conservação e restauro oportunidades de prática e formação profissional, mediante protocolos que estabeleçam a forma de colaboração, as obrigações e prestações mútuas, a repartição de encargos financeiros e os resultados da colaboração.

Artigo 41.º

Anteriores actos de classificação e inventariação

O regime do presente decreto-lei aplica-se aos bens culturais móveis e imóveis independentemente das conversões para as novas formas de protecção e designação previstas na Lei n.º 107/2001, de 8 de Setembro.

Artigo 42.º

Entrada em vigor

O presente decreto-lei entra em vigor 180 dias após a data da sua publicação.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros de 19 de Março de 2009. — *José Sócrates Carvalho Pinto de Sousa — Luís Filipe Marques Amado — Fernando Teixeira dos Santos — Alberto Bernardes Costa — Francisco Carlos da Graça Nunes Correia — Bernardo Luís Amador Trindade — Jaime de Jesus Lopes Silva — Mário Lino Soares Correia — Manuel Frederico Tojal de Valsassina Heitor — José António de Melo Pinto Ribeiro.*

Promulgado em 4 de Junho de 2009.

Publique-se.

O Presidente da República, ANÍBAL CAVACO SILVA.

Referendado em 8 de Junho de 2009.

O Primeiro-Ministro, *José Sócrates Carvalho Pinto de Sousa.*

3658 *Diário da República, 1.ª série — N.º 113 — 15 de Junho de 2009*

5 — A administração do património cultural competente decide sobre o prosseguimento dos trabalhos no prazo de 20 dias após a recepção do pedido.

Artigo 25.º

Medidas provisórias

A administração do património cultural competente pode ainda determinar as medidas provisórias necessárias quando, durante a execução das obras ou intervenções, se revele risco para a salvaguarda dos bens culturais móveis.

Artigo 26.º

Revogação da autorização

1 — A autorização deve ser revogada sempre que se detectem alterações aos estudos e projectos autorizados ou erros graves na direcção ou execução dos trabalhos que comprometam a salvaguarda do bem cultural móvel, ou quando não se verifique a suspensão dos trabalhos determinada nos termos do artigo 24.º

2 — A autorização pode ser revogada a todo o tempo quando por motivos supervenientes, devidamente fundamentados, o prosseguimento das obras ou intervenções se revele manifestamente prejudicial à salvaguarda do bem cultural.

3 — A alteração do responsável pela direcção da obra ou intervenção sem autorização prévia da administração do património cultural competente pode determinar a revogação da autorização de obras ou intervenções concedida no âmbito do presente decreto-lei.

Artigo 27.º

Obras ou intervenções coercivas

1 — A administração do património cultural competente pode determinar a execução de obras ou intervenções em bens culturais móveis que se revelem indispensáveis para assegurar a sua integridade e evitar a sua perda, destruição ou deterioração.

2 — Quando o proprietário, possuidor ou demais detentores de direitos reais não iniciar as obras ou intervenções que lhe sejam determinadas, ou não as realizar nas condições ou no prazo que lhe forem fixados, a administração do património cultural competente pode determinar o depósito coercivo do bem, em instituição adequada em função da sua natureza, e proceder à execução daquelas obras ou intervenções.

3 — As quantias relativas às despesas realizadas nos termos do número anterior são da responsabilidade do infractor.

4 — Quando aquelas quantias não forem pagas voluntariamente no prazo de 30 dias a contar da notificação para o efeito, são cobradas judicialmente em processo de execução fiscal, servindo de título executivo certidão, passada pelos serviços competentes, comprovativa das despesas efectuadas.

CAPÍTULO V

Regime sancionatório

Artigo 28.º

Contra-ordenações e coimas

Constitui contra-ordenação punível com a coima de € 500 a € 3500 e de € 3500 a € 25 000, conforme se trate de pessoas singulares ou de pessoas colectivas, respectivamente:

a) A omissão injustificada de entrega do relatório previsto no artigo 9.º;
b) A omissão injustificada de entrega do relatório final previsto no artigo 10.º;
c) A omissão injustificada de entrega dos elementos referidos no n.º 3 do artigo 11.º;
d) A omissão injustificada das comunicações referidas no artigo 23.º e no n.º 2 do artigo 24.º;
e) O incumprimento do disposto no n.º 2 do artigo 22.º;
f) O incumprimento do disposto no n.º 1 do artigo 24.º

Artigo 29.º

Sanções acessórias

Em simultâneo com as coimas previstas no artigo anterior pode ser determinada a privação dos direitos a subsídios ou benefícios outorgados por entidades ou serviços públicos.

Artigo 30.º

Processamento

A instrução do processo contra-ordenacional e a aplicação das coimas incumbem à administração do património cultural competente.

Artigo 31.º

Destino das coimas

O valor das coimas aplicadas às contra-ordenações previstas no presente decreto-lei reverte em:

a) 60 % para o Estado;
b) 40 % para a administração do património cultural competente.

CAPÍTULO VI

Disposições finais

Artigo 32.º

Obras ou intervenções realizadas pela administração

1 — As obras ou intervenções realizadas, directa ou indirectamente, pela administração do património cultural competente estão sujeitas à elaboração dos relatórios previstos no presente decreto-lei.

2 — Pode ser dispensada a elaboração do relatório prévio e do relatório intercalar por despacho fundamentado do dirigente máximo do serviço competente.

Artigo 33.º

Dispensa de relatório intercalar

1 — Nas situações de obras de demolição, reconstrução, ampliação, alteração ou conservação de bens culturais imóveis anteriormente previstas em programa de intervenção, aprovado por resolução do Conselho de Ministros, não há lugar à apresentação de relatório intercalar.

2 — A dispensa do relatório intercalar aplica-se igualmente nas situações de alteração superveniente relativas a obras referidas no número anterior.

b) Relatório prévio;
c) Comprovativo das qualificações exigidas ao responsável pela direcção das obras ou intervenções;
d) Composição e currículos profissionais dos elementos da equipa técnica;
e) Prazo de execução e orçamento previstos.

Artigo 18.º

Autoria do relatório prévio para bens culturais móveis

1 — O relatório prévio relativo a obras e intervenções de conservação e restauro em bens culturais móveis é da responsabilidade de um técnico habilitado com formação superior de cinco anos em conservação e restauro e cinco anos de experiência profissional após a obtenção do título académico.
2 — A formação superior e a experiência profissional referidas no número anterior devem ser relevantes na respectiva área de especialidade e no âmbito das obras ou intervenções em causa.
3 — A administração do património cultural competente pode, a título excepcional e de forma fundamentada, admitir técnicos com qualificações académicas inferiores às exigidas no presente decreto-lei para a elaboração do relatório prévio relativo a obras ou intervenções em bens culturais móveis desde que adequadas para o efeito e sem prejuízo de um mínimo de cinco anos de experiência profissional na respectiva área de especialidade.

Artigo 19.º

Elementos do relatório prévio para bens culturais móveis

1 — O relatório prévio incide, nomeadamente, sobre os seguintes aspectos:

a) Identificação e localização do bem;
b) Histórico de obras ou intervenções no bem;
c) Diagnóstico do estado de conservação;
d) Âmbito e objectivos das obras ou intervenções;
e) Adequação das obras ou intervenções em relação às características do móvel, ou património móvel integrado, tendo em conta o grau de classificação de interesse nacional, de interesse público ou de interesse municipal, bem como o interesse cultural que a fundamenta;
f) Caracterização das técnicas, metodologias e tratamentos propostos, bem como dos materiais a utilizar, e compatibilidade com os materiais existentes;
g) Avaliação dos benefícios e riscos das obras ou intervenções propostas;
h) Bibliografia e fontes documentais relevantes no âmbito das obras ou intervenções propostas;
i) Levantamento fotográfico ou videográfico geral, de conjunto e de detalhe.

2 — Para além dos elementos previstos no número anterior, são fixados por portaria do membro do Governo responsável pela área da cultura outros elementos que se revelem necessários, designadamente em relação aos patrimónios arqueológico, arquivístico, audiovisual, bibliográfico, fonográfico e fotográfico.

Artigo 20.º

Decisão

1 — A administração do património cultural competente decide o pedido de autorização no prazo de 40 dias.
2 — O prazo referido no número anterior é prorrogável, por igual período e por uma só vez, nos casos de obras ou intervenções de grande dimensão ou complexidade.

Artigo 21.º

Indeferimento

1 — O pedido de autorização é indeferido quando:

a) O requerente instrua o pedido sem os elementos previstos no artigo 17.º e não supra as deficiências no prazo determinado para o efeito, nunca inferior a 10 dias;
b) A administração do património cultural competente considere insuficientes ou inadequadas as qualificações ou a experiência profissional do responsável pela direcção das obras ou intervenções ou da respectiva equipa técnica.

2 — Nas situações de indeferimento com base no disposto na alínea *b*) do número anterior, o requerente pode propor a substituição do responsável pela direcção das obras ou intervenções, ou da respectiva equipa técnica, aproveitando-se neste caso os demais elementos entregues com o pedido.

Artigo 22.º

Direcção e execução

1 — À direcção de obras ou intervenções de conservação e restauro em bens culturais móveis é aplicável o disposto no artigo 18.º com as necessárias adaptações.
2 — A execução das obras ou intervenções é realizada por técnicos com qualificação e experiência adequadas nas respectivas áreas de especialidade.
3 — A alteração do director das obras ou intervenções autorizadas depende de prévio parecer favorável da administração do património cultural competente.
4 — Para efeitos do número anterior, a administração do património cultural competente pronuncia-se no prazo de 15 dias a contar da data de entrada do pedido.

Artigo 23.º

Alterações supervenientes

As alterações não previstas nos estudos e projectos de obras ou intervenções autorizados devem ser de imediato comunicadas à administração do património cultural competente.

Artigo 24.º

Suspensão dos trabalhos

1 — Sempre que se verifiquem na execução dos trabalhos situações que desvirtuem ou prejudiquem de alguma forma os bens culturais móveis, aqueles devem ser imediatamente suspensos pelo responsável pela direcção das obras ou intervenções.
2 — A suspensão dos trabalhos é comunicada pelo responsável pela direcção das obras ou intervenções à administração do património cultural competente no prazo de 48 horas.
3 — A administração do património cultural competente deve determinar o prosseguimento dos trabalhos autorizados logo que cessem as razões que justificaram a sua suspensão.
4 — O proprietário, possuidor ou demais detentores de direitos reais sobre o bem cultural objecto de obras ou intervenções pode solicitar o prosseguimento dos trabalhos nos termos do disposto no número anterior mediante pedido fundamentado.

Artigo 9.º

Relatório intercalar

1 — A administração do património cultural competente determina a elaboração de relatório intercalar e indica o prazo para a respectiva entrega, quando:

a) As diligências realizadas no âmbito do acompanhamento referido no artigo anterior o justifiquem;
b) Obras ou intervenções de grande dimensão ou complexidade o aconselhem.

2 — O relatório intercalar é elaborado pelo responsável pela direcção das respectivas obras ou intervenções.

Artigo 10.º

Relatório final

1 — O relatório final é obrigatório relativamente às obras ou intervenções em bens culturais.
2 — O responsável pela direcção das obras ou intervenções deve elaborar e enviar o relatório final à administração do património cultural competente no prazo de 30 dias após a conclusão dos trabalhos.

Artigo 11.º

Elementos do relatório final

1 — O relatório final contém:

a) Os elementos do relatório prévio;
b) A justificação dos desvios verificados em sede de execução;
c) A avaliação dos impactes das obras ou intervenções realizadas no bem cultural;
d) Os exames e análises realizados, as técnicas, metodologias, materiais e tratamentos aplicados;
e) Levantamento fotográfico ou videográfico geral, de conjunto e de detalhe, do processo seguido e do resultado final dos trabalhos;
f) Plano de monitorização, inspecção e manutenção a realizar em relação ao bem cultural objecto das obras ou intervenções.

2 — A administração do património cultural competente pode solicitar, sempre que necessário, elementos adicionais a integrar o relatório final, no prazo de 20 dias.
3 — O responsável pela direcção das obras ou intervenções envia os elementos referidos no número anterior à administração do património cultural competente no prazo de 30 dias após a recepção do respectivo pedido.

Artigo 12.º

Arquivo

1 — O arquivo, tratamento e disponibilização da informação relativa às obras ou intervenções realizadas é da responsabilidade da administração do património cultural competente.
2 — O sistema de arquivo, tratamento e disponibilização da informação referida no número anterior é fixado por despacho normativo do membro do Governo responsável pela área da cultura, em função da natureza e do tipo dos bens culturais.

CAPÍTULO III

Bens culturais imóveis

Artigo 13.º

Relatório prévio para bens culturais imóveis

O pedido de informação prévia, de licença ou a consulta prévia previstos no regime jurídico da urbanização e edificação em relação a obras de reconstrução, ampliação, alteração e conservação de bens culturais imóveis incluem obrigatoriamente o relatório prévio.

Artigo 14.º

Autoria do relatório prévio para bens culturais imóveis

Aplica-se à autoria do relatório prévio relativo a obras ou intervenções em bens culturais imóveis o disposto no artigo 5.º, sem prejuízo das habilitações académicas específicas previstas em legislação própria.

Artigo 15.º

Elementos do relatório prévio para bens culturais imóveis

O relatório prévio incide, nomeadamente, sobre os seguintes aspectos:

a) Critérios que fundamentem as obras ou intervenções de reconstrução, ampliação, alteração e conservação propostas;
b) Adequação das obras ou intervenções em relação às características do imóvel, tendo em conta o grau de classificação de interesse nacional, de interesse público ou de interesse municipal, bem como o interesse cultural que a fundamenta, designadamente o interesse histórico, arquitectónico, artístico, científico, social ou técnico;
c) Compatibilidade dos sistemas e materiais propostos em relação aos existentes;
d) Avaliação dos benefícios e riscos das obras ou intervenções propostas;
e) Consequências das obras ou intervenções no património arqueológico;
f) A utilização proposta para o imóvel;
g) Bibliografia e fontes documentais relevantes no âmbito das obras ou intervenções propostas;
h) Levantamento fotográfico ou videográfico geral, de conjunto e de detalhe do interior e do exterior.

CAPÍTULO IV

Bens culturais móveis

Artigo 16.º

Autorização

As obras ou intervenções em bens culturais móveis, bem como em património móvel integrado, são obrigatoriamente sujeitas à autorização da administração do património cultural competente.

Artigo 17.º

Pedido de autorização

O pedido de autorização é instruído com os seguintes elementos:

a) Identificação do proprietário, do possuidor e demais detentores de direitos reais sobre o bem objecto das obras ou intervenções;

e) Informação, através da divulgação sistemática e padronizada de dados sobre as obras ou intervenções realizadas em bens culturais para fins histórico-documentais, de investigação e estatísticos.

2 — A aplicação dos princípios referidos no número anterior subordina-se e articula-se com os princípios gerais da política e do regime de protecção e valorização do património cultural previstos na Lei n.º 107/2001, de 8 de Setembro.

Artigo 3.º

Definições

Para efeitos do presente decreto-lei, entende-se por:

a) «Administração do património cultural competente» a entidade responsável pela abertura do procedimento de classificação;

b) «Bens culturais» os bens móveis e imóveis classificados, ou em vias de classificação, de interesse nacional, de interesse público ou de interesse municipal, nos termos da Lei n.º 107/2001, de 8 de Setembro, bem como o património móvel integrado;

c) «Relatório prévio» o relatório sobre a importância e a avaliação das obras ou intervenções cuja realização seja proposta em relação a bens culturais;

d) «Relatório intercalar» o relatório descritivo dos trabalhos efectuados, em curso e a realizar, fundamentando, nomeadamente, eventuais alterações no planeamento, técnicas, metodologias e execução em relação ao previsto em relatório prévio ou outros factos relevantes no âmbito das obras ou intervenções;

e) «Relatório final» o relatório de onde conste a natureza das obras ou intervenções realizadas, os exames e análise efectuados, as técnicas, as metodologias, os materiais e tratamentos aplicados, bem como documentação gráfica, fotográfica, videográfica ou outra sobre o processo seguido e o respectivo resultado;

f) «Património móvel integrado» os bens móveis de interesse cultural relevante ligados materialmente e com carácter de permanência a bem cultural imóvel, bem como os bens móveis que estejam afectos de forma duradoura ao seu serviço ou ornamentação.

CAPÍTULO II

Disposições comuns

Artigo 4.º

Relatório prévio

Para efeitos de apreciação de pedidos de parecer, aprovação ou autorização para obras ou intervenções em bens culturais é obrigatória a entrega do relatório prévio, sem prejuízo dos demais elementos previstos no âmbito do presente decreto-lei.

Artigo 5.º

Autoria do relatório prévio

1 — O relatório prévio é da responsabilidade de um técnico habilitado com formação superior adequada e cinco anos de experiência profissional após a obtenção do título académico.

2 — A formação superior e a experiência profissional referidas no número anterior devem ser relevantes na respectiva área de especialidade e no âmbito das obras ou intervenções em causa.

3 — Na elaboração do relatório prévio participam igualmente os técnicos especialistas competentes em função da natureza do bem cultural e do tipo de obras ou intervenções a realizar.

Artigo 6.º

Informações complementares

1 — A administração do património cultural competente pode solicitar informações complementares, apresentação de documentos ou de outros elementos para a apreciação do pedido de parecer, aprovação ou autorização, no prazo de 10 dias após a recepção do respectivo pedido.

2 — O pedido de informações complementares pela administração do património cultural competente suspende o prazo de decisão sobre pedido de parecer, aprovação ou autorização até à data da prestação daquelas.

3 — O interessado pode requerer a continuação do procedimento em alternativa à prestação das informações complementares prevista no número anterior.

Artigo 7.º

Vistoria prévia

1 — A administração do património cultural competente realiza vistoria prévia em relação ao bem cultural objecto de pedido de parecer, aprovação ou autorização sempre que o considerar necessário para aferir da necessidade e adequação das obras ou intervenções, no prazo de 15 dias após a recepção do relatório prévio.

2 — A vistoria é obrigatória e realizada no prazo de 20 dias após a recepção do relatório prévio quando as obras ou intervenções tenham por objecto bens culturais classificados de interesse nacional.

3 — A vistoria é realizada dentro do prazo previsto para a decisão do pedido de parecer, aprovação ou autorização de obras ou intervenções.

4 — A vistoria deve ser realizada, sempre que possível, por técnico com qualificações, no mínimo, equivalentes às exigidas para a autoria do relatório prévio.

5 — A omissão de vistoria prévia prevista nos números anteriores não dispensa a apreciação, pela administração do património cultural competente, do pedido de parecer, aprovação ou autorização realizado ao abrigo do regime jurídico da urbanização e edificação, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de Dezembro.

Artigo 8.º

Acompanhamento

1 — As obras ou intervenções em bens culturais são objecto de acompanhamento pelos serviços da administração do património cultural competente.

2 — O acompanhamento compreende as diligências necessárias, podendo consistir na realização de exames, vistorias, fiscalização técnica, avaliações ou peritagens.

3 — Para efeitos do número anterior, o proprietário, o possuidor e demais detentores de direitos reais, bem como o responsável pela direcção das obras ou intervenções, devem facultar o acesso aos bens sempre que a administração do património cultural competente o solicite.

As intervenções em bens imóveis obedecem às regras procedimentais do regime jurídico da urbanização e edificação, razão pela qual o presente diploma adapta aquelas regras às especificidades do património cultural imóvel de forma a facilitar a apreciação, por parte da administração autárquica e da administração central, da necessidade, pertinência e adequação das propostas de obras ou intervenções.

A obrigatoriedade do relatório prévio tem a virtualidade de promover a qualificação das obras ou intervenções e estimular o crescimento e especialização de vários sectores profissionais responsáveis pela sua elaboração, ao mesmo tempo que introduz um mecanismo de controlo prévio na realização de operações urbanísticas em relação aos bens culturais imóveis. Permite igualmente à câmara municipal e às entidades externas com participação no procedimento urbanístico uma ponderação mais célere das pretensões dos particulares.

Procura-se, deste modo, evitar os casos de decisões desfavoráveis por falta de elementos instrutórios necessários à apreciação dos riscos e benefícios das obras ou intervenções nos bens culturais protegidos e, simultaneamente, promover a indicação dos termos em que as decisões podem ser favoráveis, sempre que possível em função do cumprimento das orientações de valorização e de salvaguarda do património cultural.

Neste sentido, prevê-se também o mecanismo de prestação de informações complementares sempre que se revelem necessárias para a devida apreciação dos pedidos. Convida-se, deste modo, o proponente a suprir eventuais faltas do pedido que sejam relevantes à boa tomada de decisão, ainda numa fase prévia e sem desaproveitar o esforço empreendido para a abertura de um procedimento para a realização de obras ou intervenções em bens culturais. Procedimento este que se institui inovatoriamente em relação aos bens móveis, cumprindo-se assim o desígnio de efectiva salvaguarda de uma realidade diversificada de bens que espelham uma pluralidade de formas de expressão cultural.

É, aliás, esta inevitável diversidade que aconselha um razoável grau de discricionariedade administrativa na aferição das qualificações adequadas à realização de obras ou intervenções em bens que merecem uma tutela especial em função do seu reconhecido valor cultural. De facto, em muitas situações, só a consideração casuística das qualificações adquiridas, formalmente ou por experiência profissional, permite a análise adequada das propostas de obras ou intervenções no que respeita à conservação e restauro consoante a natureza dos bens.

O acompanhamento obrigatório das obras ou intervenções em bens culturais protegidos tem em conta o princípio da prevenção que norteia este diploma e as particularidades da realidade que conforma, face ao risco e à dificuldade inerentes aos trabalhos nos domínios da conservação e do restauro. Risco e dificuldades que crescem exponencialmente em função da grandeza ou complexidade das obras ou intervenções, razão pela qual se prevê a possibilidade de a Administração poder exigir um relatório intercalar nestas situações.

Sublinhe-se a importância atribuída pelo legislador ao relatório final, que sintetiza o processo seguido nas obras ou intervenções em bens culturais imóveis e móveis. Este relatório permitirá à Administração Pública dispor de registos permanentes e consultáveis sobre as técnicas e metodologias utilizadas e estabelecer comparações e fundamentar decisões em função de experiências concretas.

Desta forma, supre-se uma importante lacuna em relação ao registo e arquivo das técnicas, das metodologias e dos tratamentos utilizados ao longo do tempo na salvaguarda do património cultural. Espera-se que o cumprimento do dever de elaboração do relatório final e o respectivo arquivo, por regra digitalizado, contribua para constituir a indispensável memória dos trabalhos de protecção e valorização do património cultural. Importa, por fim, realçar a importância do acervo documental a constituir para a investigação e desenvolvimento científicos nestes domínios.

Foi ouvida a Associação Nacional de Municípios Portugueses.

Assim:

No desenvolvimento do regime jurídico estabelecido pela Lei n.º 107/2001, de 8 de Setembro, e nos termos da alínea *c*) do n.º 1 do artigo 198.º da Constituição, o Governo decreta o seguinte:

CAPÍTULO I

Disposições gerais

Artigo 1.º

Objecto e âmbito de aplicação

1 — O presente decreto-lei estabelece o regime jurídico dos estudos, projectos, relatórios, obras ou intervenções sobre bens culturais classificados, ou em vias de classificação, de interesse nacional, de interesse público ou de interesse municipal.

2 — O regime jurídico referido no número anterior abrange:

a) Os bens culturais imóveis;
b) Os bens culturais móveis;
c) O património móvel integrado em bens culturais imóveis e identificado como tal no respectivo acto de classificação ou no acto de abertura do procedimento de classificação.

Artigo 2.º

Princípios gerais

1 — Os estudos, projectos, relatórios, obras ou intervenções sobre bens culturais obedecem aos seguintes princípios:

a) Prevenção, garantindo como regra o carácter prévio e sistemático da apreciação, acompanhamento e ponderação das obras ou intervenções e actos susceptíveis de afectar a integridade de bens culturais de forma a impedir a sua fragmentação, desfiguração, degradação, perda física ou de autenticidade;

b) Planeamento, assegurando prévia, adequada e rigorosa programação, por técnicos qualificados para o efeito, dos trabalhos a desenvolver em bens culturais, respectivas técnicas, metodologias e recursos a empregar em sede de execução;

c) Graduabilidade, fazendo corresponder o nível de exigências e requisitos a fixar para as obras ou intervenções em bens culturais ao seu valor cultural e à forma de protecção de que são objecto;

d) Fiscalização, promovendo o controlo das obras ou intervenções em bens culturais de acordo com os estudos e projectos aprovados;

13. Especificidades do programa informático Photomodeler

Segundo o Manual de procedimentos básicos do *PhotoModeler®*, algumas condições preparatórias para elaboração de projectos devem ser conhecidas acerca do programa.

É conveniente tirar uma ou várias fotografias com zonas de sobreposição porque só desse modo estão satisfeitas as condições para a triangulação de pontos. O registo com vários ângulos permitirá envolver todas a área do objecto ou da cena.

Pode-se digitalizar ou *rasterizar as* fotografias e importá-las para o projecto do *PhotoModeler®*. Como tal, se os dados forem provenientes de câmaras digitais, pode-se armazenar directamente no disco rígido. Para imagens procedentes de câmaras de película tem que se usar sempre um *scanner* de filme para fazer a digitalização. Quando se trata de imagens provenientes de câmaras vídeo é necessário ter uma placa de vídeo no *hardware,* para posteriormente ser possível remover *frames* e usá-los como fotografias singulares.

A qualidade das fotografias é muito importante. Um dos pontos a ter em conta é que a luminosidade deva ser semelhante nas várias faces do objecto, e ter em linha de conta que não estejam objectos à frente das superfícies, nem estas estejam literalmente em zonas de sombra.

O projecto do *PhotoModeler®* pode ser dividido em 5 fases principais:

Calibração da câmara fotográfica

Esta operação mede com rigor a distância focal, o ponto principal, a razão de digitalização e a distorção da lente da câmara. Trata-se de um processo automatizado que melhora a qualidade e precisão do projecto.

Alguns dos requisitos na utilização da *Sony Cibershot F-717*® para fotogrametria, observou-se por experiência, que quando se usa essa câmara é preferível utilizar o *zoom* na grande angular (*wide*). Apesar de apresentar maior distorção, tem maior amplitude de campo. Na prática, conseguindo manter o zoom fixo, revela-se eficaz para enquadramento de todos os elementos constituintes do objecto. Note-se, que no final do processo fotogramétrico, quando é possível obter uma ortofotografia, a perspectiva é corrigida. Sublinhe-se que a resolução da imagem deverá ser sempre a melhor possível em todas as situações. Isso favorece a qualidade do projecto quando for necessário fazerem-se ampliações.

Planeamento do projecto e adição de fotografias (*Project Setup*)

As fotografias digitais são tiradas e introduzidas no projecto. Nesta fase são anotados os valores métricos da "base", assim como também se dá a indicação da qualidade e resolução das imagens. Neste momento, adiciona-se ainda as imagens ao projecto. Uma vez que o *software* tem a capacidade de receber qualquer número de fotografias, fotos de detalhe e de grande angular, podem ser combinadas num mesmo projecto, podendo-se também importar imagens nos seguintes formatos: BMP, CAL, JPEG, MAC, PCD, PCT, PCX, PNG, PPM, PSD, RGB, SGI, TGA e TIF. Também permite o uso de diferentes câmaras no mesmo projecto.

Marcação e associação de pontos homólogos entre as fotografias (*Marking and referencing*).

Depois das imagens introduzidas, visualizáveis no quadro principal do programa, são marcados os pontos homólogos. Estes ficam referenciados nas várias imagens que compõem o projecto e nas fotografias que são feitas de ângulos diferentes. Esta marcação de pontos e linhas é o processo que permite conceber as superfícies.

A precisão final das medições depende da resolução das imagens, do número de fotografias, dos ângulos entre fotografias, do número de pontos referenciados e da qualidade da calibração da câmara. A precisão desses pontos vai desde 1 a 500 para

câmaras de baixa resolução, de 1 a 10 000 ou 20 000 para câmaras de qualidade e alta resolução. Com marcação de alvos *sub-pixel*, pode ir até 10 vezes mais (e.g. 1 em 50 000).

Usando as ferramentas de desenho ponto, linha, aresta e curva, marca-se nas fotografias os aspectos ou elementos que se quer modelar. Pode-se recorrer ao *Zoom* de imagem para visualizar com melhor precisão e para ter maior rigor de marcação.

É conveniente construir o projecto lentamente, passo a passo. Antes de se importar um número significativo de fotos e adicionar mais pontos, convém ir apreciando a sua qualidade, de modo a evitar erros grosseiros no fim do projecto. Isso permite encontrar eventuais problemas, que podem ser difíceis de solucionar mais tarde.

Processamento das fotografias (*Working with photos*)

O processamento é uma etapa que ocorre depois da triangulação de pontos, posteriormente à orientação interna e externa, e que permite apreciar o resíduo ou erro do projecto. Podem nesta fase ser anotadas escalas métricas, assim como texturas. Durante o processo, à medida que se vai guardando, o *PhotoModeler®* gera-se um ficheiro do tipo **PMR.*

Para atribuição de escalas deverão ser afixadas coordenadas, distâncias e medidas de área com alta precisão. As coordenadas X, Y, Z na Tabela de pontos podem ser visualizadas e manipuladas. Posto isso, produz-se o alinhamento do modelo. Isto ocorre no *PhotoModeler®* por via da caracterização espacial de um sistema de eixos, onde se efectuam as medições de pontos do modelo, distâncias, comprimentos, áreas e volumes.

Também se pode caracterizar esta fase como o momento em que é processada a informação. Para tal, faz-se o *processing* e o *PhotoModeler®* processa os dados da câmara, os pontos marcados e as associações geométricas. Através de um algoritmo avançado, dessa forma é feito um modelo 3D de alta precisão, que ajusta os dados introduzidos, cria pontos tridimensionais e minimiza os erros.

O programa permite ainda continuar, mais tarde, com a adição de fotografias, mais pontos, linhas, arestas ou curvas, ou usando as ferramentas de marcação avançada para modelar cilindros, superfícies ou desenho sobre as superfícies. Dessa forma, concebe-se superfícies NURBS (revolução, cobertura, contorno, manchas de pontos, cones, silhuetas) criadas a partir de linhas, arestas e curvas.

Visualização a três dimensões (*3-D Viewer*)

A visualização encerra uma das fases fundamentais de um projecto. Sem a respectiva visualização 3D não é possível comprovar a qualidade do trabalho desenvolvido. O próprio *software* - *PhotoModeler®* - tem um visualizador incluído, no entanto, o ficheiro **PMR* pode ser exportado e observado noutro programa.

Pode-se exportar para o programa favorito de *rendering*, animação ou CAD, usando os formatos de ficheiro **DXF (2D e 3D), *3D Studio, *Wavefront OBJ, *VRML (1 e 2), *Raw, *IGES, *STL, *3DM*. Também é possível exportar texturas derivadas das fotos com os formatos de ficheiro **3DStudio, *OBJ, *VRML e *3DM.*

Uma vantagem muito importante do *software* é a produção no final do projecto de imagens em perspectiva ou ortofotografias. A vista ortográfica apresenta uma imagem sem as comuns distorções de perspectiva, com relações de escala fundamentais, tendo-se posteriormente a possibilidade de integrá-la num SIG ou num programa informático de análise de imagem, como por exemplo os de Detecção Remota.

14. *Exercício de Calibração da Câmara Sony Cibershot F-717 ®*

Apesar de haver vários programas informáticos de calibração de câmaras fotográficas, nos ensaios efectuados, por uma questão de acessibilidade, recorreu-se a um dos disponíveis - *PhotoModeler Lite*®.

O processo da calibração consistiu nos seguintes passos:

a) Ao premir *Start Project*, no *Project Wizard* aparecem algumas indicações sobre as várias fases do processo;

b) Na caixa de diálogo seguinte, em *Project Wizard*, escolhem-se as dimensões aproximadas do projecto e a unidade métrica de referência. No ensaio, para a pintura em causa, indicou-se o valor de 40 cm.

c) Para a escolha da câmara fotográfica optou-se por eleger uma "nova", uma que não fosse conhecida pelo *software*.

d) Inscrição do nome do equipamento: "*F-717 best resolution 2560x1920*".

e) Indicação do tipo de câmara: *"Digital"*.

f) Como no quadro com a lista de câmaras referenciadas pelo *software* a *Sony F-717*® não estava presente, indicou-se que ela não estava elencada.

g) No passo seguinte, o *software* pergunta se a câmara tem distância focal variável, quer seja por via de um *zoom* ou da possibilidade de trocar a lente. Tratando-se da *Sony Cibershot F-717®,* indica-se resposta afirmativa porque o equipamento tem lente com *zoom,* ou seja, com distância focal ajustável.

h) Após a selecção do tipo de câmara, o *PhotoModeler Lite*® adverte que só poderá prosseguir no projecto tendo presente que a mesma não poderá ser alterada durante o projecto. Como tal, usa-se uma distância focal fixa. Depois de a eleger, em grande angular (*wide*), faz-se a focagem no infinito, e desliga-se o modo automático de focagem.

i) Segundo indicação do produtor da câmara - *Cyber Shot F-717* ® - o equipamento tem uma distância focal variável entre 9.7 mm e 48.5 mm. Como tal, optou-se por indicar o valor mais baixo.

j) Depois de se efectuar a inserção do conjunto de dados supra citados, segue-se uma fase prática de registo fotográfico. Neste caso, utilizou-se o exercício com uma folha branca que foi colocada na parede.

k) Os procedimentos específicos efectuados foram quatro: fixou-se a folha de papel na parede; deu-se indicação da distância focal 9.7 mm; fizeram-se dois registos fotográficos (um com a folha em formato de "paisagem", e outro em "retrato"); indica-se no *software* as dimensões da folha de papel (210 mm x 297 mm), assim como da distância entre a folha e a câmara (645 mm).

l) Após inserção das fotografias no *Wizard* de calibração, foi necessário marcar e arrastar na imagem os cantos do rectângulo (tracejado) sobre os do papel, isto, de modo a que sejam coincidentes. Pode-se também indicar aqui que o programa informático permite fazer um *Zoom In* para melhor a aferição.

m) Após o último procedimento indicado, o *software* produz um ficheiro e refere em *Câmara Review* quais são os parâmetros da calibração. Nesta fase está terminado o processo.

15. O programa informático ArcGIS

O *ArcGIS*® é o nome de um grupo de programas informáticos, de SIG, produzido pela empresa *ESRI*[501]. Nesse conjunto de programas estão incluídos: o *ArcReader*®, que permite ver os mapas criados com os outros produtos *Arc*®; o *ArcView*® para visualizar dados espaciais, criar mapas, e análise básica espacial; o *ArcEditor*® que inclui toda a funcionalidade do *ArcView*®, inclui também ferramentas mais avançadas para manipulação de *shapefiles* e *geodatabases*; o *ArcInfo*®, sendo este a versão mais avançada do *ArcGIS*®, que inclui potencialidades adicionadas para a manipulação de dados, edição e análise[502].

A última versão do *ArcGIS*®, à data da redacção deste texto, é a 10. A *ESRI* tem mantido uma parcela dominante do mercado de SIG, pensando-se que o uso *software* é feito por cerca de 77% dos profissionais da área. Se bem que haja alternativas, esta questão, associada com uma maior acessibilidade da informação e disponibilização de conteúdos, contribuiu para eleger o programa informático em causa como base de trabalho da investigação.

O *ArcGIS 9.x* inclui um desenvolvimento de geoprocessamento que permite a execução das tradicionais ferramentas de processamento SIG (como *clipping*, *overlay* e análise espacial) de modo interactivo, ou de qualquer linguagem *script* que suporte padrões *COM*. Embora a mais popular destas seja a *Python*, outras também têm sido usadas, especialmente *Perl* e *VBScript*. O *ArcGIS 9.x* também inclui uma programação visual por diagramas chamada *Model Builder*, que permite aos usuários utilizar ferramentas de geoprocessamento com *links* gráficos designados de *models*[503].

---

[501] Vd. WIKIPEDIA – *ESRI*. *In http://en.wikipedia.org/wiki/ESRI* (Consulta a 13 de Outubro de 2008; 19h).
[502] Vd. ESRI, d – ArcGIS Desktop 9.3. *In http://www.esri.com/* (Consulta a 10 de Outubro de 2008; 14h).
[503] Vd. WIKIPEDIA – *ArcGIS*. *In http://pt.wikipedia.org/wiki/ArcGIS* (Consulta a 11 de Outubro de 2008; 14h).

O *ArcGIS®* apesar de estar referenciado como um pacote de programas de fácil manuseamento, no início da abordagem apresenta-se com demasiada informação e em parte complexo para um iniciado na disciplina do geoprocessameto. Isto significa que, na prática, implica despender um tempo significativo de contacto, necessariamente em ambiente de formação, para que se possa optimizar a aprendizagem.

As aplicações *ArcGIS®* podem ser trabalhadas num dos três produtos enunciados, no entanto, cada um disponibiliza níveis diferentes de funcionalidades:

a) O *ArcGIS ArcMap®* disponibiliza ferramentas de construção de cartografia e análise espacial com ferramentas de edição simples[504].
b) O *ArcGIS ArcEditor®* inclui todas as funcionalidades do *ArcMap* e acrescenta-lhes capacidades de edição complexa de dados.
c) *ArcGIS ArcInfo®* amplia as capacidades de ambos para níveis de geoprocessamento avançado.

Cada um destes três produtos disponibiliza os três módulos anteriormente referidos e descritos, embora apenas o *ArcGIS ArcInfo®* tenha todas as capacidades existentes na família *ArcGIS*.

A organização interna do produto *ArcGIS Map®* está estruturada em três módulos funcionais: *ArcCatalog; ArcMap e ArcToolbox*[505]. A primeira é especificamente um *explorer* de ficheiros, semelhante ao do *Windows®.* Permite navegar pelo sistema operativo e tornar eficiente a gestão de qualquer conjunto de dados geográficos, sejam eles nativos do *ARCGIS®* ou não. A segunda é onde se desenvolve o corpo principal do

[504] No pacote de funcionalidades da *ArcGIS®*, o *ArcMAP®* foi o interface privilegiado pela investigação.
[505] As indicações apontadas neste parágrafo e nos seguintes, naquilo que diz respeito ao *software ArcGIS®*, foram consultadas num manual de formação. Vd. TROCADO, Pedro – ArcGIS 9. Documentação de apoio ao leccionamento. *In http://213.63.184.54/SitioDoUrbanismo/manuais/manual_ arcgis.pdf* (Consulta a 12 de Outubro de 2008; 17h). Saliente-se que o manual foi elaborado, segundo o autor, como elemento auxiliar de aprendizagem à formação de um curso, não dispensando a consulta do documento oficial do produtor do *software* – *ArcGIS9/ArcMap Tutorial*. Vd. ESRI, h – ArcMAP-Tutorial. *In http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/pdf/ArcMap_Tutorial.pdf* (Consulta a 12 de Outubro de 2008; 18h).

software, uma aplicação de mapas interactivos[506], e a terceira tem um conjunto de ferramentas acessórias e especificas para a análise espacial.

Para facilidade de compreensão da estrutura do programa pode-se caracterizá-lo também em quatro campos operativos:

a) Na visualização da informação há a possibilidade de desenvolver: a construção de mapas; os tipos de grafismo e suas formas de representação com ou sem métodos gradativos, tendo em conta a normalização da informação e a edição de legendas; a adição de informação alfanumérica recorrendo à edição de tabelas de atributos, com aquisição da informação alfanumérica, união e ligação de tabelas (*Join* e *relate*) e construção de novas tabelas em *ArcMap®*; *LABELLING*[507] de informação geográfica com a adição de texto e informação gráfica, e *labelling* de entidades; a segmentação dinâmica com a adição de pontos definidos pelas suas coordenadas; na construção de *layouts* elaborando novos *layouts*, adicionando informação na sessão *ArcMap®*, assim como fazer adição texto e outros elementos gráficos, finalizando com a impressão, exportação e salvar um *layout* tipo;
b) Na análise da informação alfanumérica efectuar: a localização directa de entidades, a localização de entidades por ordem do valor atributivo, a localização de entidades por construção de expressões de consulta (*queries*), a localização de entidades por relação espacial com outras, a localização de entidades por distância a outras e a informação de entidades localizadas;

---

[506] O *ArcMap®* é na prática um conjunto de *layers* de informação ao qual é possível executar um conjunto de funcionalidades. Uma *layer* representa um conjunto homogéneo de entidades geográficas existente numa determinada fonte. Por exemplo, numa sessão *ArcMap®* pode existir uma *layer* representando os distritos de um país, uma *layer* representando as vias de comunicação, uma *layer* representando as sedes de concelho, entre outas.

[507] "Em cartografia é a acção de colocar texto no mapa e que serve para descrever e identificar entidades/objectos". Vd. GIS DICTIONARY – Label. *In http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/label* (Consulta a 25 de Agosto de 2011, 2h).

c) Na informação espacial conceber: a construção e edição dessa informação e criar *layers* de pontos e linhas; análise espacial com construção de *buffers*, limites de corte (*CLIP*), intersecções e união de entidades
d) Apreciar outros tipos de informação na forma de imagem (do tipo de *TIFF ou *JPEG), em formato *CAD*, entre outros.

16. Procedimentos do projecto com o Photomodeler na pintura de Laug

Deu-se início ao projecto com a adição de fotografias. Especificou-se a pasta de onde provêm as fotografias para a referenciação de pontos *(reference)* e adicionam-se as imagens ao Projecto.

Todos os procedimentos descritos para calibração da câmara foram efectuados com o *PhotoModeler Lite*®. Contudo, dadas as limitações técnicas desse *software*, continuou-se o projecto de modelação no *PhotoModeler 4.0* ®. Não se continuou com o primeiro programa porque ele não aceita imagens de tamanho superior a 250 Kbytes. Trata-se de um programa básico, muito útil para pequenos projectos, mas com limites muito bem definidos. Utilizando o certificado de calibração anterior produzido pelo *PhotoModeler Lite*® continuou-se o projecto com nova adição de fotografias no *PhotoModeler 4.0*®.

A verificação das imagens adicionadas ao projecto é feita no quadro do *Project Setup* seguinte. Nesta altura, fazendo um ponto de situação, estão finalizados os três primeiros passos de um projecto: indicação das medidas aproximadas do projecto e unidade métrica a utilizar, determinação dos parâmetros da câmara e importação de fotografias iniciais.

Explica-se, assim em detalhe, a marcação e referenciamento de pontos, o processamento, a adição eventual de novas fotos e a produção da ortofotografia:

a) Começou-se por premir *Reference mode.*
b) Com *Source photo 1 e Source photo 2,* deu-se entrada destas duas imagens para o processo de orientação de cada uma das fotografias.
c) Em *Point Mode,* marcou-se os pontos nas duas fotografias. Como se trata somente do plano de frente da pintura a marcação de pontos, neste caso de

quatro pontos ficou restrita aos quatro ângulos da pintura. Sublinhe-se que o objectivo deste projecto é produzir especificamente uma ortofotografia.

d) No *Line mode*, o processo une os respectivos pontos marcados. O mesmo procedimento é feito em ambas as fotografias *(photo 1 e photo 2).* Para interrupção do *Line mode*, premiu-se no botão direito do rato *End draw*. Para a verificação dos pontos, constata-se que coincidem com os locais desejados. Estes podem ser mais facilmente visualizados através de um comando de *zoom* (Alt). Posteriormente, faz-se o arrastamento (*drag*).
e) Para *Reference mode*, numa das fotos seleccionou-se o ponto de referência e na outra referencia-se o ponto homólogo.
f) Em *Processing*, nesta fase o *PhotoModeler 4.0*®, processou-se toda a informação adicionada. Pode-se usar a tecla de atalho F5 para activar o comando.

Convém salientar que durante e no final do projecto é possível apreciar a qualidade da marcação de pontos.

A ortofotografia é produzida numa caixa de diálogo, através do *file* e *export to ortho-photo*. Posto isso, chegou-se ao produto final. Uma vez guardado o ficheiro de extensão *jpeg pode ser exportado para outro programa.

17. Georreferenciação de pontos da pintura de Mário Eloy

O processo começa com a abertura do programa *ArcMap®*, versão *9.3*.

De seguida enunciam-se os diversos passos:

a) *A new empty map*; Ok;

b) *Add data*; seleccionar o **jpeg*. Nesta fase o programa como não reconhece nenhuma informação do sistema de coordenadas na imagem, indica que se pode desenhar em *ArcMap* ®, mas não projectar. Ignora-se a indicação e prime-se *enter.*

c) Em *Layers*, designar o projecto como "Mário_Eloy_GIS". Premir com o botão direito do rato, *properties*, em *data frame properties* e *general*, indicar o novo nome. Para ver o tamanho da imagem e o número de células (*cells size*), na camada adicionada, designada de "Mário Eloy final jpeg", *premir* no lado direito do rato, *layers properties*, *source*, em *raster information,* ver a quantidade de células. No exercício verificou-se a presença de 1536 x 2048, que resulta numa grelha com um total 3.145.728 pixeis. Nessa caixa de diálogo também se observa o número de bandas. Constata-se três nessa imagem de formato de compressão *jpeg (red, green, blue).

d) Para a marcação de pontos, caso não esteja disponível na barra de ferramentas, começa-se por activar o *georeferencing*.

e) Em *add control points,* depois de observar a imagem no quadro principal, *premir* e marcar os quatro primeiros pontos. Na marcação dos pontos a cruz tem inicialmente uma coloração verde, depois de um duplo *click* fica vermelha, e isso valida a operação. A marcação começou em baixo do lado esquerdo com o número 1, seguindo-se o 2 do lado direito, o 3 em cima do lado esquerdo e o 4 em cima do lado direito. Desta forma, prevemos que com esta ordem de numeração de pontos, quando estiver com um sistema de coordenadas associado dará sempre valores positivos.

Em parte, este sistema será análogo à referenciação de coordenadas do sistema militar português – IGeoE. Denote-se que a marcação de pontos é feita com o cursor na extremidade da célula, no canto exterior, não no centro da mesma.

f) Em *link table*, botão do lado direito do rato, *add points*. Alterar os valores de *X map* e *Y map* para as nossas medidas da pintura.
g) Ao executar a *link table* o erro verificado que foi de 0,00003 (*Root Mean Square* - *RMS*). A transformação desenvolveu-se com um polinómio de primeira ordem. Neste caso, o valor de resíduo é muito baixo porque a resolução espacial das células da imagem, não sendo excelente, é razoável. O facto de a marcação ser feita nos cantos permite uma boa aferição no espaço.
h) A apreciação do erro *(RMS*) configura a qualidade do projecto. Na prática é o resíduo dos mínimos quadrados em causa no projecto, vista através da soma dos quadrados das diferenças

Após os procedimentos indicados, determinam-se os quatro pontos da imagem referenciados.

18. Elaboração da tabela de atributos no ArcGIS

O primeiro procedimento foi efectuar um *shapefile* de área total na forma de polígono. No exercício, como a pintura é rectangular, obteve-se um polígono rectangular.

Para fazer o *shapefile*, abriu-se o *ArcCatalog*, no local onde se quer guardar o novo *shapefile,* premiu-se com lado direito do rato, seleccionou-se *new* (*shapefile*), designou-se "Área da pintura", com *feature type* em *poligone.* De seguida, pode-se arrastar o ficheiro e colocar na ordem de camadas (quadro do *data frame*). Este ficheiro fez-se para obter um polígono da área - a analisar em posteriores investigações -, não sendo necessário para a produção do ficheiro *shapefile* de pontos, aquele que se irá explicar nos tópicos seguintes, associado aos pontos da FRX:

a) A marcação de novos pontos implica sempre criar um novo *shapefile*. Para tal, abriu-se o *ArcCatalog,* no local onde se quer guardar o novo *shapefile,* premiu-se com lado direito do rato, seleccionou-se *new* (*shapefile*), designou-se "Análises ponto FRX", com *feature type* em *points.* De seguida, pode-se arrastar o ficheiro e colocar-se na ordem de camadas (quadro do *data frame*).
b) Para a marcação dos novos pontos, começou-se por fazer *target* aos pontos de "FRX", depois *edit, star editing,* premiu-se no botão "lápis", escolheu-se o tipo de ponto (cor, tamanho, forma) e executou-se a marcação. Constatou-se que para ver os pontos, estes têm de estar na *layer* de cima, em relação à imagem da pintura.

Os resultados finais geraram três entidades: o *layer* da imagem da pintura, o *shapefile* do polígono correspondente ao rectângulo de pintura e o mapa de pontos.

A tabela de atributos fez-se com quatro colunas: n.º de identificação do ponto; área da pintura; cor, elementos químicos presentes, valor de coordenada X e Y. O número de linhas foi sete, ou seja, o número de análises efectuadas. Os comandos usados para a edição da tabela foram: premiu-se o botão direito do rato, *open atribute table, editor, start editing,* edição com inserção de dados nos campos e *stop editing*.

Após a elaboração deste projecto simples com o SIG, uma vantagem do programa é poder visualizar a informação de modo independente em cada ponto, através de uma caixa de diálogo que aparece depois de premir o botão de informação. Com o ficheiro **mxd* do projecto completo foi possível visualizar a informação num *software* gratuito da *ArcGIS* ® no *ArcExplorer®.*

APÊNDICE III – FORMULÁRIO

1. Campo angular de uma câmara fotográfica

- Definição: o campo angular é o mesmo que o campo de visão;
- Onde d é a diagonal do plano da imagem e c a distância focal.

$$\propto = 2arctg\left(\frac{d}{2c}\right)$$

2. Escala

- Definição: em cartografia, é a relação matemática entre as dimensões de um objecto e as que representa num plano/imagem ou mapa;
- Onde c é a distância focal e H_m a altura média.

$$E_m = \frac{c}{H_m}$$

3. Iluminância

- Definição: quantidade de luz recebida por unidade de área;
- Unidade: metro-candela;
- Onde c é a distância focal e d o diâmetro da lente.

$$f_{stop} = \frac{c}{d}$$